

(12)特許協力条約に基づいて公開された国際出願

540 404

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2004 年 7 月 15 日 (15.07.2004)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2004/059987 A1

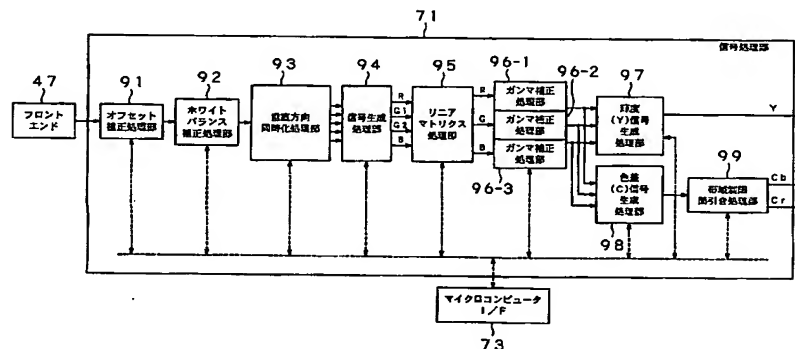
- (51) 国際特許分類: H04N 9/07
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2003/015437
- (22) 国際出願日: 2003 年 12 月 2 日 (02.12.2003)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2002-375423
2002 年 12 月 25 日 (25.12.2002) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): ソニー株式会社 (SONY CORPORATION) [JP/JP]; 〒141-0001 東京都品川区北品川 6 丁目 7 番 3 5 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 水倉 貴美 (MIZUKURA, Takami) [JP/JP]; 〒141-0001 東京都品川区北品川 6 丁目 7 番 3 5 号 ソニー株式会社

- 内 Tokyo (JP). 加藤 直哉 (KATOH, Naoya) [JP/JP]; 〒141-0001 東京都品川区北品川 6 丁目 7 番 3 5 号 ソニー株式会社内 Tokyo (JP). 中島 健 (NAKAJIMA, Ken) [JP/JP]; 〒141-0001 東京都品川区北品川 6 丁目 7 番 3 5 号 ソニー株式会社内 Tokyo (JP). 永濱 裕喜 (NAGAHAMA, Hiroki) [JP/JP]; 〒141-0001 東京都品川区北品川 6 丁目 7 番 3 5 号 ソニー株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 小池 晃, 外 (KOIKE, Akira et al.); 〒100-0011 東京都千代田区内幸町一丁目 1 番 7 号 大和生命ビル 11 階 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (国内): CN, KR, US.
- (84) 指定国 (広域): ヨーロッパ特許 (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR).
- 添付公開書類:
— 国際調査報告書

[続葉有]

(54) Title: IMAGE PICKUP DEVICE AND METHOD

(54) 発明の名称: 撮像装置及び方法



- 47...FRONT END
91...OFFSET CORRECTION PROCESSING SECTION
92...WHITE BALANCE CORRECTION PROCESSING SECTION
93...VERTICAL DIRECTION SYNCHRONIZATION PROCESSING SECTION
94...SIGNAL GENERATION PROCESSING SECTION
95...LINEAR MATRIX PROCESSING SECTION
96-1...GAMMA CORRECTION PROCESSING SECTION
96-2...GAMMA CORRECTION PROCESSING SECTION
96-3...GAMMA CORRECTION PROCESSING SECTION
97...LUMINANCE (Y) SIGNAL GENERATION PROCESSING SECTION
98...COLOR DIFFERENCE (C) SIGNAL GENERATION PROCESSING SECTION
99...BAND LIMIT THINNING PROCESSING SECTION
73...MICROCOMPUTER I/F
71...SIGNAL PROCESSING SECTION

(57) Abstract: An image pickup device composed of color filters having different spectral characteristics and including an image pickup element section for imaging an object. The image pickup device further includes an adjustment section for adjusting a color reproduction value and a noise value indicating noise feeling, a matrix coefficient decision section for deciding a matrix coefficient according to the adjustment of the adjustment section, and a matrix conversion processing section for subjecting the image picked up by the image pickup element section according to the matrix coefficient to a matrix conversion processing.

[続葉有]

WO 2004/059987 A1



2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

(57) 要約: 分光特性の異なるカラーフィルタによりなっており、被写体を撮像する撮像素子部を有する撮像装置において、色再現値とノイズ感を表すノイズ値を調整する調整部と、調整部の調整に基づきマトリクス係数を決定するマトリクス係数決定部と、マトリクス係数に基づき上記撮像素子部で撮像した画像にマトリクス変換処理を行なうマトリクス変換処理部とを備える。

明細書

撮像装置及び方法

5 技術分野

本発明は、被写体を撮像する撮像装置及び方法に関し、特に撮像感度に対して好適に撮像を行なう撮像装置及び方法に関する。

- 10 また、本出願は、日本国において2002年12月25日に出願された日本特許出願番号2002-375423を基礎として優先権を主張するものであり、この出願は参照することにより、本出願に援用される。

背景技術

- 15 近年、コンシューマ向けの画像撮像装置（デジタルカメラ、カラースキャナ等）および画像処理ソフトウェアが普及しており、当該画像撮像装置により被写体を撮像して生成した画像を画像処理ソフトウェアにより自ら編集するユーザが増加している。また、画像撮像装置により撮像された画像の画質に対する要求も高くなってきており、画像撮像装置を購入する際の主要な条件として、画質がよいことを挙げるユーザの割合が増えてきている。ここで、画像撮像装置の一般的な構成について以下に述べる。
- 20

- 画像撮像装置は、例えば、図1に示すようなRGBの3原色のカラーフィルタ1が用いられている。この例では、図1の一点鎖線で示すように、緑色（G）の光のみを透過するGフィルタが2個、赤（R）の光のみを透過するRフィルタが1個、および青（B）の光のみを透過するBフィルタが1個の、合計4個を最小単位として、いわゆるベイヤー配列（Bayer 配列）により、カラーフィルタ1が構成される。
- 25

図2は、RGBカラーフィルタ1を有するCCD (Charge Coupled Device) 撮像素子により取得されたRGB信号に対して各種の処理を施す信号処理部11の

構成例を示すブロック図である。

オフセット補正処理部 2 1 は、CCD 撮像素子により取得された信号に所定の処理を施すフロントエンド 1 3 から供給されてきた画像信号に含まれるオフセット成分を除去し、得られた画像信号をホワイトバランス補正処理部 2 2 に出力する。ホワイトバランス補正処理部 2 2 は、オフセット補正処理部 2 1 から供給されてきた画像信号の色温度、およびカラーフィルタ 1 の各フィルタの感度の違いに基づいて、各色のバランスを補正する。ホワイトバランス補正処理部 2 2 により補正が施され、取得された色信号はガンマ補正処理部 2 3 に出力される。ガンマ補正処理部 2 3 は、ホワイトバランス補正処理部 2 2 から供給されてきた信号に対してガンマ補正を行い、取得した信号を垂直方向同時化処理部 2 4 に出力する。垂直方向同時化処理部 2 4 にはディレイ素子が設けられており、ガンマ補正処理部 2 3 から供給されてきた信号の垂直方向の時間のずれが同時化される。

RGB 信号生成処理部 2 5 は、垂直方向同時化処理部 2 4 から供給されてきた色信号を、同一空間の位相に補間する補間処理、信号のノイズ成分を除去するノイズ除去処理、信号帯域を制限するフィルタリング処理、および信号帯域の高域成分を補正する高域周波数補正処理等を行い、得られた RGB 信号を、輝度信号生成処理部 2 6、および色差信号生成処理部 2 7 に出力する。

輝度信号生成処理部 2 6 は、RGB 信号生成処理部 2 5 から供給されてきた RGB 信号を所定の合成比で合成し、輝度信号 (Y) を生成する。色差信号生成処理部 2 7 も同様に、RGB 信号生成処理部 2 5 から供給されてきた RGB 信号を所定の合成比で合成し、色差信号 (Cb, Cr) を生成する。輝度信号生成処理部 2 6 により生成された輝度信号 (Y)、および色差信号生成処理部 2 7 により生成された色差信号 (Cb, Cr) は、例えば、信号処理部 1 1 の外部に設けられているモニタに出力される。

このように、元信号に対してガンマ処理を施してから線形変換によって画像処理 (リニアマトリクス処理) を行うことが一般的に行われている。

上述したような画像撮像装置は、被写体を撮像し画像を生成したとき、観察時の視環境によって見え方が異なるために、所望の色で再現されない場合がある。これは、撮像時の光源 (以下、撮像光源という。) と観察時の光源 (以下、観察

光源という。)の演色性が大きく異なる場合に生じる現象である。そこで、撮像光源と演色性の異なる観察光源で画像が再現される場合でも、良好に色再現する方法が特開2002-142231号公報等に提案されている。また、図3及び図4に分光感度の特性をしめす。図3の曲線L1は、Rの分光感度を示し、曲線L2は、Gの分光感度を示し、曲線L3は、Bの分光感度を示している。また、図4の曲線L11は、Rの分光感度を示し、曲線L12は、Gの分光感度を示し、曲線L13は、Bの分光感度を示す。

一方、上述したような画像撮像装置に、リニアマトリクス処理の追加、更に撮像素子のカラーフィルタの追加を行うことにより、色再現性を劇的に向上させることができる。その際、使用するリニアマトリクスの係数を単に色差が最小になるように決定すると、ノイズを従来よりも増長させてしまうことがある。

発明の開示

本発明は、撮像する環境や条件等に応じて色再現性とノイズ低減性を考慮した係数を用いたリニアマトリクス処理を行なうことが可能な撮像装置及び撮像方法を提供することを目的とする。

本発明に係る撮像装置は、分光特性の異なるカラーフィルタによりなり、被写体を撮像する撮像素子部を有する撮像装置において、色再現値とノイズ感を表すノイズ値を調整する調整手段と、上記調整手段の調整に基づきマトリクス係数を決定するマトリクス係数決定手段と、上記マトリクス係数に基づき上記撮像素子部で撮像した画像にマトリクス変換処理を行なうマトリクス変換処理手段とを備える。

また、本発明に係る撮像方法は、分光特性の異なるカラーフィルタによりなり、被写体を撮像する撮像素子部を有する撮像装置により被写体を撮像する撮像方法において、色再現値とノイズ感を表すノイズ値を調整する第1のステップと、上記第1のステップの調整に基づきマトリクス係数を決定する第2のステップと、上記マトリクス係数に基づき上記撮像素子部で撮像した画像にマトリクス変換処理を行なう第3のステップとを有する。

本発明の更に他の目的、本発明によって得られる具体的な利点は、以下に説明される実施例の説明から一層明らかにされるであろう。

図面の簡単な説明

5

図 1 は、従来の RGB カラーフィルタの例を示す図である。

図 2 は、従来の撮像装置に設けられる信号処理部の構成例を示すブロック図である。

図 3 は、分光感度特性の例を示す図である。

10

図 4 は、分光感度特性の他の例を示す図である。

図 5 は、本発明を適用した撮像装置の構成例を示すブロック図である。

図 6 は、本発明を適用した撮像装置に設けられる 4 色カラーフィルタの例を示す図である。

図 7 は、視感度曲線の例を示す図である。

15

図 8 は、評価係数の特徴を示す図である。

図 9 は、本発明を適用した撮像装置が備えるカメラシステム LSI の構成例を示すブロック図である。

図 10 は、図 9 の信号処理部の構成例を示すブロック図である。

図 11 は、画像処理装置の作成処理を説明するフローチャートである。

20

図 12 は、図 11 のステップ S 1 の 4 色カラーフィルタ決定処理の詳細を説明するフローチャートである。

図 13 は、仮想曲線の例を示す図である。

図 14 (A) 乃至図 14 (C) は、フィルタ毎の UMG 値の例を示す図である。

図 15 は、4 色カラーフィルタの分光感度特性の例を示す図である。

25

図 16 は、図 11 のステップ S 2 のリニアマトリクス決定処理の詳細を説明するフローチャートである。

図 17 は、色差の評価結果の例を示す図である。

図 18 は、4 色カラーフィルタによる所定の物体の色度を示す図である。

図 19 は、本発明を適用した撮像装置に設けられる 4 色カラーフィルタの他の

例を示す図である。

図 20 は、適応的にリニアマトリクス係数 M の決定を示すフローチャートである。

図 21 は、色再現性指標を変化させたときのノイズ低減性指標の変化の様子を示す図である。

図 22 は、4 色カラーフィルタの分光感度特性の例を示す図である。

図 23 は、画像のヒストグラムを示す図である。

発明を実施するための最良の形態

10

図 5 は、本発明を適用した撮像装置の構成例を示すブロック図である。

図 5 に示す撮像装置は、CCD (Charge Coupled Device) 等よりなる画像センサ 45 の前面（レンズ 42 に対向する面）に、4 種類の色（光）を識別するカラーフィルタが設けられている。なお、撮像装置では、図 5 の画像センサ 45 に設けられるカラーフィルタを図 6 に示す 4 色カラーフィルタ 61 とする。

4 色カラーフィルタ 61 は、図 6 の一点鎖線で示すように、赤の光のみを透過する R フィルタ、青の光のみを透過する B フィルタ、第 1 の波長帯域の緑色の光のみを透過する G1 フィルタ、および G1 フィルタと相関が高い、第 2 の波長帯域の緑色の光のみを透過する G2 フィルタの、合計 4 個のフィルタを最小単位として構成される。また、G1 フィルタと G2 フィルタは、その最小単位内において、互いに対角する位置に配置されている。

後に詳述するように、画像センサ 45 により取得される画像の色を 4 種類とし、取得される色情報を増やすことにより、3 種類の色（RGB）のみが取得される場合と較べて、より正確に色を表現することができ、眼で違うものに見える色は違う色に、同じものに見える色は同じ色に、それぞれ再現すること（「色の判別性」）を向上させることができる。

なお、図 7 に示される視感度曲線から分かるように、人間の眼は輝度に敏感である。従って、図 6 に示す 4 色カラーフィルタ 61 においては、より正確な輝度情報を取得することにより、輝度の階調を上げることができ、かつ、眼の見え方

に近い画像を再現することができるように、視感度曲線に近い分光感度特性を有するG 2のカラーフィルタが追加されている（図1のR, G, Bに対応するR, G 1, Bのフィルタに対して、新たに決定された緑G 2フィルタが追加されている）。

- 5 また、4色カラーフィルタ6 1を決定する際に使用されるフィルタ評価係数として、例えば、「色再現性」と「ノイズ低減性」の両方を考慮した係数であるUMG (Unified Measure of Goodness) が用いられている。

UMGを用いた評価においては、評価対象のフィルタが単にルータ条件を満たしているだけでは、その評価値は高くなり、それぞれのフィルタの分光感度分布
10 の重なりも考慮される。従って、qファクタ、 μ ファクタ、またはFOM (Figure of Merit) を利用して評価されたカラーフィルタの場合と比較して、ノイズをより低減させることができる。すなわち、UMGを用いた評価により、それぞれのフィルタの分光感度特性が、ある程度の重なりを有するが、図4のRの特性とGの特性のようにほぼ全てが重なるものではないフィルタが選択されるため、色の分離のため、それぞれの色信号を増幅する場合であっても、増幅率をそれ程大きく
15 する必要がなく、それに伴ってノイズ成分が増幅されることが抑制される。

図8は、各フィルタ評価係数の特徴を示す図である。なお、図8は、各評価係数に対して、一度に評価できるフィルタの数、物体の分光反射率が考慮されているか否か、およびノイズの低減が考慮されているか否かに関する事項を示すもの
20 である。

図8に示すように、qファクタ (q-factor) は、一度に評価できるフィルタの数が「1個」のみであり、物体の分光反射率と、ノイズの低減が考慮されていない。また、 μ ファクタ (μ -factor) は、一度に複数のフィルタを評価することができるものの、物体の分光反射率とノイズの低減は考慮されていない。さらに、
25 FOMは、一度に複数のフィルタを評価することができ、物体の分光反射率が考慮されているものの、ノイズの低減が考慮されていない。

これに対して、4色カラーフィルタ6 1を決定する際に使用されるUMGは、一度に複数のフィルタを評価することができ、物体の分光反射率が考慮され、かつ、ノイズの低減も考慮されている。

なお、 q ファクタについては「H. E. J. Neugebauer "Quality Factor for Filters Whose Spectral Transmittances are Different from Color Mixture Curves, and Its Application to Color Photography" JOURNAL OF THE OPTICAL SOCIETY OF AMERICA, VOLUME 46, NUMBER 10」にその詳細が開示されており、 μ ファクタについては「P. L. Vora and H. J. Trussell, "Measure of Goodness of a set of color-scanning filters", JOURNAL OF THE OPTICAL SOCIETY OF AMERICA, VOLUME 10, NUMBER 7」にその詳細が開示されている。また、FOMについては「G. Sharma and H. J. Trussell, "Figures of Merit for Color Scanners, IEEE TRANSACTION ON IMAGE PROCESSING, VOLUME 6」にその詳細が開示されており、UMGについては「S. Quan, N. Ohta, and N. Katoh, "Optimal Design of Camera Spectral Sensitivity Functions Based on Practical Filter Components", CIC, 2001」にその詳細が開示されている。

図5の説明に戻る。マイクロコンピュータ41は、所定の制御プログラムに従って全体の動作を制御する。例えば、マイクロコンピュータ41は、絞り43による露光制御、シャッター44の開閉制御、TG (Timing Generator) 46の電子シャッターの制御、フロントエンド47でのゲインコントロール、カメラシステムLSI (Large Scale Integrated Circuit) 48のモード制御、パラメータ制御等を行う。

絞り43は、レンズ42により集光された光の通過（絞り）を調整し、画像センサ45により取り込まれる光量を制御する。シャッター44は、マイクロコンピュータ41の指示に基づいて、レンズ42により集光された光の通過を制御する。

画像センサ45は、さらに、CCDやCMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor) により構成される撮像素子を有し、その撮像素子の前面に形成する4色カラーフィルタ61を介して入射された光を電気信号に変換し、4種類の色信号（R信号、G1信号、G2信号、B信号）をフロントエンド47に出力する。画像センサ45には、図6の4色カラーフィルタ61が設けられ、レンズ42を介して入射された光から、R、G1、G2、Bのそれぞれの帯域の波長の成分が抽出される。なお、その詳細については、図15を参照して後述する。

フロントエンド４７は、画像センサ４５から供給されてきた色信号に対して、ノイズ成分を除去するための相関二重サンプリング処理、ゲインコントロール処理、およびデジタル変換処理等を施す。フロントエンド４７により各種の処理が施され、得られた画像データは、カメラシステムLSI４８に出力される。

- ５ カメラシステムLSI４８は、後に詳述するように、フロントエンド４７から供給されてきた画像データに対して各種の処理を行い、例えば、輝度信号および色信号を生成して画像モニタ５０に出力し、信号に対応する画像を表示させる。

画像メモリ４９は、例えば、DRAM(Dynamic Random Access Memory)やSDRAM(Synchronous Dynamic Random Access Memory)などにより構成され、カメラシステムLSI４８が各種の処理を行う際に適宜利用される。半導体メモリ、ディスク等により構成される外部記憶媒体５１は、例えば、図５の撮像装置に対して着脱可能に構成され、カメラシステムLSI４８によりJPEG(Joint Photographic Expert Group)フォーマットで圧縮された画像データが記憶される。

- １５ 画像モニタ５０は、例えば、LCD(Liquid Crystal Display)などにより構成され、撮影された画像や各種のメニュー画面等を表示する。

図９は、図５に示すカメラシステムLSI４８の構成例を示すブロック図である。カメラシステムLSI４８を構成する各ブロックは、マイクロコンピュータインタフェース(I/F)７３を介して、図５に示すマイクロコンピュータ４１により制御される。

- ２０ 信号処理部７１は、フロントエンド４７から供給されてきた４種類の色情報に対して、補間処理、フィルタリング処理、マトリクス演算処理、輝度信号生成処理、色差信号生成処理等の各種の処理を行い、例えば、生成した画像信号をモニタインタフェース７７を介して画像モニタ５０に出力する。

- ２５ 画像検波部７２は、フロントエンド４７の出力に基づいて、オートフォーカス、オートエキスポージャー、オートホワイトバランス等の検波処理を行い、その結果を、適宜、マイクロコンピュータ４１に出力する。

メモリコントローラ７５は、処理ブロック間同士のデータの送受信、または、所定の処理ブロックと画像メモリ４９との間のデータの送受信を制御し、例えば、信号処理部７１から供給されてきた画像データをメモリインタフェース７４を介

して画像メモリ 49 に出力し、記憶させる。

画像圧縮・解凍部 76 は、例えば、信号処理部 71 から供給されてきた画像データを JPEG フォーマットで圧縮し、得られたデータをマイクロコンピュータインタフェース 73 を介して外部記憶媒体 51 に出力し、記憶させる。画像圧縮・解凍部 76 は、また、外部記憶媒体 51 から読み出された圧縮データを解凍（伸張）し、モニタインタフェース 77 を介して画像モニタ 50 に出力する。

図 10 は、図 9 に示す信号処理部 71 の詳細な構成例を示すブロック図である。信号処理部 71 を構成する各ブロックは、マイクロコンピュータインタフェース 73 を介して、マイクロコンピュータ 41 により制御される。

10 オフセット補正処理部 91 は、フロントエンド 47 から供給されてきた画像信号に含まれるノイズ成分（オフセット成分）を除去し、得られた画像信号をホワイトバランス補正処理部 92 に出力する。ホワイトバランス補正処理部 92 は、オフセット補正処理部 91 から供給されてきた画像信号の色温度、および 4 色カラーフィルタ 61 の各フィルタの感度の違いに基づいて、各色のバランスを補正する。ホワイトバランス補正処理部 92 により補正が施され、取得された色信号は、垂直方向同時化処理部 93 に出力される。垂直方向同時化処理部 93 にはディレイ素子が設けられており、ホワイトバランス補正処理部 92 から出力されてきた信号（以下、RG1G2B 信号という。）の垂直方向の時間のずれが同時化（補正）される。

20 信号生成処理部 94 は、垂直方向同時化処理部 93 から供給されてきた RG1G2B 信号の最小単位の 2×2 画素の色信号を、同一空間の位相に補間する補間処理、信号のノイズ成分を除去するノイズ除去処理、信号帯域を制限するフィルタリング処理、および信号帯域の高域成分を補正する高域周波数補正処理等を行い、得られた RG1G2B 信号を、リニアマトリクス処理部 95 に出力する。

25 リニアマトリクス処理部 95 は、所定のリニアマトリクス係数 M (3×4 の行列) に基づいて式 (1) による RG1G2B 信号の演算を行ない、3 色の RGB 信号を生成する。

$$\begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a & b & c & d \\ e & f & g & h \\ i & j & k & l \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} R \\ G1 \\ G2 \\ B \end{bmatrix} \cdots (1)$$

リニアマトリクス処理部 9 5 により生成された R 信号は、ガンマ補正処理部 9 6-1 に出力され、G 信号は、ガンマ補正処理部 9 6-2 に出力され、B 信号は、
5 ガンマ補正処理部 9 6-3 に出力される。

ガンマ補正処理部 9 6-1 乃至 9 6-3 は、リニアマトリクス処理部 9 5 から出力されてきた RGB 信号のそれぞれの信号に対してガンマ補正を行い、取得された RGB 信号を輝度 (Y) 信号生成処理部 9 7 および色差 (C) 信号生成処理部 9 8 に出力する。

10 輝度信号生成処理部 9 7 は、ガンマ補正処理部 9 6-1 乃至 9 6-3 から供給されてきた RGB 信号を、例えば、式 (2) に従って、所定の合成比で合成し、輝度信号 (Y) を生成する。

$$Y = 0.2126R + 0.7152G + 0.0722B \cdots (2)$$

15 色差信号生成処理部 9 8 も同様に、ガンマ補正処理部 9 6-1 乃至 9 6-3 から供給されてきた RGB 信号を所定の合成比で合成して色差信号 (C) を生成し、帯域制限間引き処理部 9 9 に出力する。帯域制限間引き処理部 9 9 は、色差信号 (C) に基づき色差信号 (Cb, Cr) を生成する。なお、単板 2×2 色コーディングによって得られた信号には、一般的に色情報の帯域が輝度信号ほど存在しない。したがって、帯域制限間引き処理部 9 9 は、色差信号生成処理部 9 8 から
20 供給された色差信号 (C) を帯域制限処理と間引き処理を行なうことで色情報データを削減することで色差信号 (Cb, Cr) を生成する。

輝度信号生成処理部 9 7 により生成された輝度信号 (Y)、および色差信号生成処理部 9 8 により生成された色差信号 (C) 又は帯域制限間引き処理部 9 9 により生成された色差信号 (Cb, Cr) は、例えば、図 9 に示すモニタインタフェース 7 7 を介して画像モニタ 5 0 に出力される。
25

以上のような構成を有する撮像装置において、画像の撮影が指示された場合、

マイクロコンピュータ 41 は、TG 46 を制御し、画像センサ 45 により画像を取り込ませる。すなわち、画像センサ 45 を構成する CCD 等の撮像素子（以下、CCD 撮像素子という。）の前面に形成されている 4 色カラーフィルタ 61 により 4 色の光が透過され、透過された光が CCD 撮像素子により取り込まれる。CCD 撮像素子により取り込まれた光は、4 色の色信号に変換され、それがフロントエンド 47 5 5 に出力される。

フロントエンド 47 は、画像センサ 45 から供給されてきた色信号に対して、ノイズ成分を除去するための相関二重サンプリング処理、ゲインコントロール処理、およびディジタル変換処理等を施し、得られた画像データをカメラシステム LSI 48 10 10 に出力する。

カメラシステム LSI 48 の信号処理部 71 においては、オフセット補正処理部 91 により色信号のオフセット成分が除去され、ホワイトバランス補正処理部 92 により、画像信号の色温度、および 4 色カラーフィルタ 61 の各フィルタの感度の違いに基づいて、各色のバランスが補正される。

15 また、垂直方向同時化処理部 93 により、ホワイトバランス補正処理部 92 により補正された信号の垂直方向の時間のずれが同時化（補正）され、信号生成処理部 94 により、垂直方向同時化処理部 93 から供給されてきた RG1G2B 信号の最小単位の 2×2 画素の色信号を、同一空間の位相に補間する補間処理、信号のノイズ成分を除去するノイズ除去処理、信号帯域を制限するフィルタリング処理、20 および信号帯域の高域成分を補正する高域周波数補正処理等が行われる。

さらに、リニアマトリクス処理部 95 においては、信号生成処理部 94 により生成された信号（RG1G2B 信号）が、所定のリニアマトリクス係数 M （ 3×4 の行列）に基づいて変換され、3 色の RGB 信号が生成される。リニアマトリクス処理部 95 により生成された R 信号は、ガンマ補正処理部 96-1 に出力され、G 信号は、ガンマ補正処理部 96-2 に出力され、B 信号は、ガンマ補正処理部 96-3 25 25 に出力される。

ガンマ補正処理部 96-1 乃至 96-3 により、リニアマトリクス処理部 95 の処理により得られた RGB 信号のそれぞれの信号に対してガンマ補正が行われ、取得された RGB 信号が輝度信号生成処理部 97 および色差信号生成処理部 98 に

出力される。輝度信号生成処理部 9 7、および色差信号生成処理部 9 8 においては、ガンマ補正処理部 9 6 - 1 乃至 9 6 - 3 から供給されてきた R 信号、G 信号、B 信号のそれぞれの信号が所定の合成比で合成され、輝度信号 (Y) および色差信号 (C) が生成される。輝度信号生成処理部 9 7 により生成された輝度信号 (Y)、および色差信号生成処理部 9 8 により生成された色差信号 (C) は、図 9 の画像圧縮・解凍部 7 6 に出力され、例えば、JPEG フォーマットで圧縮される。圧縮され、得られた画像データは、マイクロコンピュータインタフェース 7 3 を介して外部記憶媒体 5 1 に出力され、記憶される。

10 以上のように、1 つの画像データが 4 種類の色信号に基づいて形成されるため、その再現性は、人間の眼の見えにより近いものとなる。

一方、外部記憶媒体 5 1 に記憶されている画像データの再生 (表示) が指示されたとき、マイクロコンピュータ 4 1 により、外部記憶媒体 5 1 に記憶されている画像データが読み出され、それがカメラシステム LSI 4 8 の画像圧縮・解凍部 7 6 に出力される。画像圧縮・解凍部 7 6 においては、圧縮されている画像データが伸張され、モニタインタフェース 7 7 を介して、得られたデータに対応する画像が画像モニタ 5 0 に表示される。

次に、図 1 1 に示すフローチャートを参照して、以上のような構成を有する撮像装置を作成する処理 (手順) について説明する。

20 ステップ S 1 において、図 5 に示す画像センサ 4 5 に設けられる 4 色カラーフィルタ 6 1 の分光感度特性を決定する 4 色カラーフィルタ決定処理が行われ、ステップ S 2 において、図 1 0 に示すリニアマトリクス処理部 9 5 に設定されるマトリクス係数 M を決定するリニアマトリクス係数 M 決定処理が行われる。ステップ S 1 において実行される 4 色カラーフィルタ決定処理の詳細については、図 1 2 に示すフローチャートを参照して、また、ステップ S 2 において実行されるリニアマトリクス係数 M 決定処理の詳細については、図 1 6 に示すフローチャートを参照して、それぞれ後述する。

4 色カラーフィルタ 6 1 が決定され、マトリクス係数が決定された後、ステップ S 3 において、図 1 0 に示す信号処理部 7 1 が作成され、ステップ S 4 に進み、図 9 に示すカメラシステム LSI 4 8 が作成される。また、ステップ S 5 において、

図 5 に示すような撮像装置（例えば、デジタルカメラ）の全体が作成される。ステップ S 6 において、ステップ S 5 で作成された撮像装置の画質（「色再現性」、「色判別性」）の評価が行われ、処理が終了される。

ここで、「色再現性」、「色判別性」などを評価する際に参照される物体色について説明する。物体色は、「物体の分光反射率」、「標準照明の分光エネルギー分布」、および「物体を感知するセンサ（カラーフィルタ）の分光感度分布（特性）」の積を可視光領域（例えば、400乃至700nm）の範囲で積分した値によって算出される。すなわち、式（3）により物体色が算出される。

$$\begin{aligned} \text{物体色} &= k \int_{vis} (\text{物体の分光反射率}) \cdot (\text{照明の分光エネルギー分布}) \\ &\quad \cdot (\text{物体を感知するセンサの分光感度分布}) d\lambda \cdots (3) \\ \lambda &: \text{波長} \\ vis &: \text{可視光領域（通常 400 nm} \sim \text{700 nm）} \end{aligned}$$

例えば、所定の物体を眼で観察する場合、式（3）の「センサの分光感度特性」が等色関数で表され、その物体の物体色は、X、Y、Zの三刺激値で表される。具体的には、Xの値は式（4-1）で算出され、Yの値は式（4-2）で算出され、Zの値は式（4-3）で算出される。なお、式（4-1）乃至（4-3）における定数kの値は式（4-4）で算出される。

$$\begin{aligned} X &= k \int_{vis} R(\lambda) \cdot P(\lambda) \cdot \bar{x}(\lambda) d\lambda \cdots (4-1) \\ Y &= k \int_{vis} R(\lambda) \cdot P(\lambda) \cdot \bar{y}(\lambda) d\lambda \cdots (4-2) \\ Z &= k \int_{vis} R(\lambda) \cdot P(\lambda) \cdot \bar{z}(\lambda) d\lambda \cdots (4-3) \\ R(\lambda) &: \text{物体の分光反射率} \\ \bar{x}(\lambda), \bar{y}(\lambda), \bar{z}(\lambda) &: \text{等色関数} \\ k &= 1 / \int P(\lambda) \cdot \bar{y}(\lambda) d\lambda \cdots (4-4) \end{aligned}$$

また、デジタルカメラなどの撮像装置により、所定の物体の画像を取り込む

場合、式（３）の「センサの分光感度特性」がカラーフィルタの分光感度特性で表され、その物体の物体色は、フィルタの数の色値（例えば、RGBフィルタ（３種類）の場合はRGB値（３値））の物体色が算出される。撮像装置に、３種類の色を検出するRGBフィルタが設けられている場合、具体的には、Rの値は式（５－１）で算出され、Gの値は式（５－２）で算出され、Bの値は式（５－３）で算出される。また、式（５－１）における定数 k_r の値は式（５－４）で算出され、式（５－２）における定数 k_g の値は式（５－５）で算出され、式（５－３）における定数 k_b の値は式（５－６）で算出される。

$$R = k_r \int_{vis} R(\lambda) \cdot P(\lambda) \cdot \bar{r}(\lambda) d\lambda \cdots (5-1)$$

$$G = k_g \int_{vis} R(\lambda) \cdot P(\lambda) \cdot \bar{g}(\lambda) d\lambda \cdots (5-2)$$

$$B = k_b \int_{vis} R(\lambda) \cdot P(\lambda) \cdot \bar{b}(\lambda) d\lambda \cdots (5-3)$$

10 $\bar{r}(\lambda), \bar{g}(\lambda), \bar{b}(\lambda)$: カラーフィルタの分光感度分布

$$k_r = 1 / \int_{vis} P(\lambda) \cdot \bar{r}(\lambda) d\lambda \cdots (5-4)$$

$$k_g = 1 / \int_{vis} P(\lambda) \cdot \bar{g}(\lambda) d\lambda \cdots (5-5)$$

$$k_b = 1 / \int_{vis} P(\lambda) \cdot \bar{b}(\lambda) d\lambda \cdots (5-6)$$

次に、図１２に示すフローチャートを参照して、図１１に示すステップＳ１で行われる４色カラーフィルタ決定処理について説明する。

15 なお、４色カラーフィルタの決定方法としては様々な方法があるが、例えば、RGBフィルタを基調として（既存の（図１）Gフィルタの一方をG１フィルタとして）、G１フィルタを透過する色と相関の高い色を透過するG２フィルタを選択し、それを追加して４色カラーフィルタを決定する処理について説明する。

20 ステップＳ２１において、UMG値を算出するために使用されるカラーターゲットが選択される。例えば、ステップＳ２１において、現存する色を代表するカラーパッチを多く含み、かつ、人間の記憶色（肌色、植物の緑、空の青等）を重視したカラーパッチを多く含むカラーターゲットが選択される。カラーターゲットとしては、例えば、IT8.7, Macbeth Color Checker, GretagMacbeth

DigitalCamera Color Checker, CIE, Color Bar等がある。

また、目的に応じて、SOCS (Standard Object Color Spectra Database) などのデータから、標準となりうるカラーパッチを作成し、それを使用するようにしてもよい。なお、SOCSについては「田島譲二, “標準物体色分光データベース (SOCS) による統計的色再現評価”, カラーフォーラムJAPAN 99」にその詳細が開示されている。以下、Macbeth Color Checkerがカラーターゲットとして選択された場合について説明する。

ステップS 2 2において、G 2 フィルタの分光感度特性が決定される。分光感度特性として、実存する材料から作成可能なものを使用するようにしてもよいし、
 10 図 1 3 に示すようなcubic spline曲線（3 次スプライン関数）で仮想曲線 C（λ）を想定し、仮想曲線 C（λ）のピーク値 λ₀、値 w（w₁とw₂の和を2で除算した値）、値 Δ w（w₁からw₂を減算した値を2で除算した値）を、図中に示す範囲で変化させたものを使用するようにしてもよい。なお、w、Δ wの値は、
 15 半値幅の値に基づく値とされる。λ₀、w、Δ wの変化の方法は、例えば、5 nm 刻みとする。仮想曲線 C（λ）は、それぞれの範囲において、下式（6-1）乃至（6-5）で表される。

$$C(\lambda) = \frac{w_2^3 + 3w_2^2(w_2 - |\lambda - \lambda_0|) + 3w_2(w_2 - |\lambda - \lambda_0|)^2 - 3(w_2 - |\lambda - \lambda_0|)^3}{6w_2^3}$$

$$\wedge \quad 0 \leq \lambda - \lambda_0 \leq w_2 \cdots (6-1)$$

$$C(\lambda) = \frac{w_1^3 + 3w_1^2(w_1 - |\lambda - \lambda_0|) + 3w_1(w_1 - |\lambda - \lambda_0|)^2 - 3(w_1 - |\lambda - \lambda_0|)^3}{6w_1^3}$$

$$\wedge \quad -w_1 \leq \lambda - \lambda_0 \leq 0 \cdots (6-2)$$

$$C(\lambda) = \frac{(2w_2 - |\lambda - \lambda_0|)^3}{6w_2^3} \quad \wedge \quad w_2 \leq \lambda - \lambda_0 \leq 2w_2 \cdots (6-3)$$

$$C(\lambda) = \frac{(2w_1 - |\lambda - \lambda_0|)^3}{6w_1^3} \quad \wedge \quad -2w_1 \leq \lambda - \lambda_0 \leq -w_1 \cdots (6-4)$$

$$C(\lambda) = 0 \quad \wedge \quad \text{上記範囲以外} \cdots (6-5)$$

20 なお、この例では、フィルタ G 2 のみが追加されるが、図 1 に示すフィルタ

(R, G, G, B) の R フィルタと B フィルタのみを使用し、残りの 2 つの G 1, G 2 フィルタを、緑色付近の上式 (6-1) 乃至 (6-5) の仮想曲線として定義することも可能である。また、同様に、R と G のみ、G と B のみを、図 1 に示すフィルタから使用するようにしてもよい。さらに、4 色のフィルタのうち、3 色を仮想曲線、または 4 色とも仮想曲線として定義することも可能である。

ステップ S 2 3 において、追加するフィルタ (G 2 フィルタ) と、現存のフィルタ (R フィルタ, G 1 フィルタ, B フィルタ) が組み合わせられ、4 色カラーフィルタの最小単位 (セット) が作成される。また、ステップ S 2 4 において、ステップ S 2 3 で作成された 4 色カラーフィルタに対して、フィルタ評価係数として UMG が用いられ、UMG 値が算出される。

図 8 を参照して説明したように、UMG を用いた場合、4 色のそれぞれのカラーフィルタに対して一度で評価を行うことができる。また、物体の分光反射率を考慮して評価が行われるだけでなく、ノイズの低減性をも考慮して評価が行われる。UMG を用いた評価においては、それぞれのフィルタの分光感度特性に、適度な重なりがあるフィルタに対して高い評価が示されるため、例えば、R の特性と G の特性が広い波長帯域にわたって重複する特性を有するフィルタ (それぞれの色信号を分離した際、ノイズが増幅されるフィルタ) に対して、高い評価が示されるということを抑制することができる。

図 1 4 は、3 色カラーフィルタにおいて算出される UMG 値の例を示す図である。例えば、RGB の特性がそれぞれ重複しない図 1 4 (A) に示すような特性のフィルタにおいては、「0. 79 4 2」の UMG 値が算出され、R の特性と G の特性が広い波長帯域にわたって重複する図 1 4 (B) に示すような特性のフィルタにおいては、「0. 8 2 1 1」の UMG 値が算出される。また、RGB のそれぞれの特性が適度に重なる図 1 4 (C) に示すような特性を有するフィルタにおいては、「0. 8 8 7 9」の UMG 値が算出される。すなわち、RGB のそれぞれの特性が適度に重なる、図 1 4 (C) に示すような特性を有するフィルタに対して最も高い評価が示される。このことは、4 色カラーフィルタにおいても同様である。なお、図 1 4 (A) に示す曲線 L 3 1、図 1 4 (B) に示す曲線 L 4 1、および図 1 4 (C) に示す曲線 L 5 1 は R の分光感度を表し、図 1 4 (A) に示す曲線 L 3 2、図 1

4 (B) に示す曲線 L 4 2、および図 1 4 (C) に示す曲線 L 5 2 は G の分光感度を表し、図 1 4 (A) に示す曲線 L 3 3、図 1 4 (B) に示す曲線 L 4 3、および図 1 4 (C) に示す曲線 L 5 3 は B の分光感度を表している。

ステップ S 2 5 において、ステップ S 2 4 で算出された UMG 値が、所定の閾値である「0. 9 5」以上であるか否かが判定され、「0. 9 5」未満であると判定された場合、ステップ S 2 6 に進み、作成された 4 色カラーフィルタが却下される（使用されない）。ステップ S 2 6 において、4 色カラーフィルタが却下された場合、その後、処理は終了される（図 1 1 に示すステップ S 2 以降の処理は実行されない）。

10 一方、ステップ S 2 5 において、ステップ S 2 4 で算出された UMG 値が「0. 9 5」以上であると判定された場合、ステップ S 2 7 において、その 4 色カラーフィルタが、デジタルカメラで使用される候補のフィルタとされる。

ステップ S 2 8 において、ステップ S 2 7 で候補のフィルタとされた 4 色カラーフィルタが、現存する材料、染料で実現可能であるか否かが判定される。材料、染料等が取得困難である場合、実現不可能であると判定され、ステップ S 2 6 に進み、その 4 色カラーフィルタが却下される。

一方、ステップ S 2 8 において、材料、染料等が取得可能であり、実現可能であると判定された場合、ステップ S 2 9 に進み、作成された 4 色カラーフィルタが、デジタルカメラにおいて使用されるフィルタとして決定される。その後、図 1 1 に示すステップ S 2 以降の処理が実行される。

図 1 5 は、ステップ S 2 9 において決定された 4 色カラーフィルタの分光感度特性の例を示す図である。

図 1 5 において、曲線 L 6 1 は R の分光感度を表し、曲線 L 6 2 は G 1 の分光感度を表している。また、曲線 L 6 3 は G 2 の分光感度を表し、曲線 L 6 4 は B の分光感度を表している。図 1 5 に示すように、G 2 の分光感度曲線（曲線 L 6 3）は、G 1 の分光感度曲線（曲線 L 6 2）に対して相関が高い。また、R の分光感度、G（G 1、G 2）の分光感度、および B の分光感度は、それぞれ適度な範囲において重複している。

以上のようにして決定された 4 色カラーフィルタを利用することにより、特に、

「色再現性」のうちの「色の判別性」を改善させることができる。

なお、光の利用効率の観点から、以上のように、現存するRGBフィルタのGフィルタと相関の高いフィルタを、追加するフィルタ（G 2 フィルタ）とすることが好ましい。この場合、追加するフィルタの分光感度曲線のピーク値は、経験的に
5 4 9 5 乃至 5 3 5 nmの範囲（現存するGフィルタの分光感度曲線のピーク値の近傍）にあることが望ましい。

また、現存するGフィルタと相関の高いフィルタを追加する場合、図1に示す最小単位（R, G, G, B）を構成する2つのGフィルタのいずれか一方を追加色のフィルタにするだけで4色カラーフィルタを作成することができるため、作
10 成の行程に大きな変更を加える必要がない。

以上のようにして4色カラーフィルタが作成され、それがデジタルカメラに設けられた場合、図10に示す信号処理装置71には4種類の色信号が信号生成処理部94から供給されるため、リニアマトリクス処理部95において、4色（R, G 1, G 2, B）の信号から3色（R, G, B）の信号を生成する変換処
15 理が行われる。この変換処理は、輝度リニアな（輝度値を線形的な変換により表すことができる）入力信号値に対するマトリクス処理であるため、以下、リニアマトリクス処理部95において行われる変換処理を、適宜、リニアマトリクス処理と称する。

次に、図16に示すフローチャートを参照して、図11に示すステップS2において実行される、リニアマトリクス係数M決定処理について説明する。なお、
20 リニアマトリクス係数M決定処理において使用されるカラーターゲットはMacbeth Color Checkerとし、また、使用される4色カラーフィルタは図15に示す分光感度特性を有するものとする。

ステップS41において、例えば、CIE (Commision Internationale
25 del'Eclairange)において標準光源とされている一般的な昼光D65（照明光L（λ））が照明光として選択される。なお、照明光は、画像処理装置が頻繁に使用されることが予想される環境の照明光等に変更してもよい。また、想定される照明環境が複数ある場合、リニアマトリクスを複数用意することも考えられる。以下、照明光として昼光D65が選択された場合について説明する。

ステップS 4 2において、リファレンス値（参照値） X_r 、 Y_r 、 Z_r が算出される。具体的には、リファレンス値 X_r は式（7-1）により算出され、 Y_r は式（7-2）により算出され、 Z_r は式（7-3）により算出される。

$$X_r = k \int_{vis} R(\lambda) \cdot L(\lambda) \cdot \bar{x}(\lambda) d\lambda \cdots (7-1)$$

$$Y_r = k \int_{vis} R(\lambda) \cdot L(\lambda) \cdot \bar{y}(\lambda) d\lambda \cdots (7-2)$$

$$5 \quad Z_r = k \int_{vis} R(\lambda) \cdot L(\lambda) \cdot \bar{z}(\lambda) d\lambda \cdots (7-3)$$

$R(\lambda)$: 物体の分光反射率

$\bar{x}(\lambda), \bar{y}(\lambda), \bar{z}(\lambda)$: 等色関数

また、定数 k は式（8）により算出される。

$$k = 1 / \int_{vis} L(\lambda) \cdot y(\lambda) d\lambda \cdots (8)$$

例えば、カラーターゲットがMacbeth Color Checkerの場合、24色分のリファレンス値が算出される。

次に、ステップS 4 3において、4色カラーフィルタの出力値 R_f 、 $G1_f$ 、 $G2_f$ 、 B_f が算出される。具体的には、 R_f は式（9-1）により算出され、 $G1_f$ は式（9-2）により算出され、 $G2_f$ は式（9-3）により算出され、 B_f は式（9-4）により算出される。

15

$$R_f = k_r \int_{vis} R(\lambda) \cdot L(\lambda) \cdot \bar{r}(\lambda) d\lambda \cdots (9-1)$$

$$G1_f = k_{g1} \int_{vis} R(\lambda) \cdot L(\lambda) \cdot \bar{g1}(\lambda) d\lambda \cdots (9-2)$$

$$G2_f = k_{g2} \int_{vis} R(\lambda) \cdot L(\lambda) \cdot \bar{g2}(\lambda) d\lambda \cdots (9-3)$$

$$B_f = k_b \int_{vis} R(\lambda) \cdot L(\lambda) \cdot \bar{b}(\lambda) d\lambda \cdots (9-4)$$

$\bar{r}(\lambda), \bar{g1}(\lambda), \bar{g2}(\lambda), \bar{b}(\lambda)$: カラーフィルタの分光感度分布

また、定数 k_r は式（10-1）により算出され、定数 k_{g1} は式（10-2）に

より算出され、定数 k_{g2} は式 (10-3) により算出され、定数 k_b は式 (10-4) により算出される

$$k_r = 1 / \int_{vis} L(\lambda) \cdot \bar{r}(\lambda) d\lambda \cdots (10-1)$$

$$k_{g1} = 1 / \int_{vis} L(\lambda) \cdot \bar{g1}(\lambda) d\lambda \cdots (10-2)$$

$$k_{g2} = 1 / \int_{vis} L(\lambda) \cdot \bar{g2}(\lambda) d\lambda \cdots (10-3)$$

$$k_b = 1 / \int_{vis} L(\lambda) \cdot \bar{b}(\lambda) d\lambda \cdots (10-4)$$

5

例えば、カラーターゲットが Macbeth Color Checker の場合は、24 色分の出力値 R_f , $G1_f$, $G2_f$, B_f が算出される。

ステップ S44 において、ステップ S43 で算出されたフィルタ出力値を、ステップ S42 で算出されたリファレンス値 (XYZ_{ref}) に近似させる変換を行うマトリクスが、例えば、XYZ 色空間における誤差最小二乗法により算出される。

例えば、算出される、 3×4 のマトリクスを式 (11) で表される A とした場合、マトリクス変換 (XYZ_{exp}) は、次の式 (12) で表される。

$$A = \begin{bmatrix} a0 & a2 & a3 & a4 \\ a4 & a5 & a6 & a7 \\ a8 & a9 & a10 & a11 \end{bmatrix} \cdots (11)$$

$$XYZ_{exp} = \begin{bmatrix} \hat{X} \\ \hat{Y} \\ \hat{Z} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a0 & a2 & a3 & a4 \\ a4 & a5 & a6 & a7 \\ a8 & a9 & a10 & a11 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R_f \\ G1_f \\ G2_f \\ B_f \end{bmatrix} \cdots (12)$$

15

また、リファレンス値に対するマトリクス変換 (式 (12)) の誤差の 2 乗 (E^2) は、次の式 (13) で表され、これに基づいてリファレンス値に対するマトリクス変換の誤差を最小にするマトリクス A が算出される。

$$E^2 = |XYZ_{ref} - XYZ_{exp}|^2 \cdots (13)$$

20

また、誤差最小二乗法で使用する色空間を、XYZ色空間以外のものに変更するようにしてもよい。例えば、人間の知覚に対して均等なLab, Luv, Lch色空間（知覚均等色空間）に変換した後に同様の演算を行うことにより、知覚的な誤差の少ない色の再現を可能にするリニアマトリクスを算出することができる。なお、
 5 これらの色空間の値は、XYZ値から非線形な変換によって算出されるため、誤差最小二乗法においても非線形な計算アルゴリズムが使用される。

上述したような演算により、例えば、図15に示す分光感度特性を有するフィルタに対するマトリクス係数として式(14)で表されるものが算出される。

$$10 \quad A = \begin{bmatrix} 0.476 & 0.905 & 0.261 & -0.691 \\ 0.2 & 1.154 & -0.061 & -0.292 \\ -0.004 & 0.148 & 0.148 & -0.481 \end{bmatrix} \cdots (14)$$

ステップS45において、リニアマトリクスが決定される。例えば、作成される最終のRGB画像データが次の式(15)で表されるとした場合、リニアマトリクス(LinearM)は、以下のようにして算出される。

$$15 \quad \text{RGBout} = [R_o, G_o, B_o]^t \cdots (15)$$

すなわち、照明光がD65である場合、sRGB色空間をXYZ色空間に変換する変換式はITU-R709. BTマトリクスを含む式(16)で表され、そのITU-R709. BTマトリクスの逆マトリクスにより式(17)が算出される。

$$20 \quad \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.4124 & 0.3576 & 0.1805 \\ 0.2126 & 0.7152 & 0.0722 \\ 0.0193 & 0.1192 & 0.9505 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R_{sRGB} \\ G_{sRGB} \\ B_{sRGB} \end{bmatrix} \cdots (16)$$

$$\begin{bmatrix} R_{sRGB} \\ G_{sRGB} \\ B_{sRGB} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 3.2406 & -1.5372 & -0.4986 \\ -0.9689 & 1.8758 & 0.0415 \\ 0.0557 & -0.204 & 1.057 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} \cdots (17)$$

式(12)のマトリクス変換式、式(15)および式(17)のITU-R709. BT

マトリクスの逆マトリクスにより、式（１８）が算出される。式（１８）の右辺には、ITU-R709, BTマトリクスの逆マトリクスと、上述したマトリクスAを乗算した値としてのリニアマトリクスが含まれる。

$$5 \quad \begin{bmatrix} R_0 \\ G_0 \\ B_0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 3.2406 & -1.5372 & -0.4986 \\ -0.9689 & 1.8758 & 0.0415 \\ 0.0557 & -0.204 & 1.057 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_0 & a_2 & a_3 & a_4 \\ a_4 & a_5 & a_6 & a_7 \\ a_8 & a_9 & a_{10} & a_{11} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R_f \\ G1_f \\ G2_f \\ B_f \end{bmatrix} \cdots (18)$$

すなわち、 3×4 のリニアマトリクス（LinearM）は式（１９－１）により表され、例えば、式（１４）のマトリクス係数が用いられる、図１５に示す分光分布特性を有する４色カラーフィルタに対するリニアマトリクスは、式（１９－
10 2）により表される。

$$\begin{aligned} \text{LinearM} &= \begin{bmatrix} l_1 & l_2 & l_3 & l_4 \\ l_4 & l_5 & l_6 & l_7 \\ l_8 & l_9 & l_{10} & l_{11} \end{bmatrix} \\ &= \begin{bmatrix} 3.2406 & -1.5372 & -0.4986 \\ -0.9689 & 1.8758 & 0.0415 \\ 0.0557 & -0.204 & 1.057 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_0 & a_2 & a_3 & a_4 \\ a_4 & a_5 & a_6 & a_7 \\ a_8 & a_9 & a_{10} & a_{11} \end{bmatrix} \cdots (19-1) \\ \text{LinearM} &= \begin{bmatrix} 1.238 & 1.084 & 0.228 & -1.55 \\ -0.087 & 1.295 & -0.309 & 0.101 \\ -0.018 & -0.029 & 1.535 & -0.485 \end{bmatrix} \cdots (19-2) \end{aligned}$$

以上のようにして算出されたりニアマトリクスが、図１０に示すリニアマトリクス処理部９５に与えられる。これにより、輝度を線形変換により表すことができる信号（R, G 1, G 2, B）に対してマトリクス処理を行うことができるので、図２に示す信号処理部１１における処理のように、ガンマ処理を施した後に得られる信号に対してマトリクス処理を行う場合に較べて、色彩工学的に、より忠実な色を再現させることができる。

次に、図 1 1 に示すステップ S 6 において行われる評価について説明する。

以上のようにして作成された、例えば、図 1 5 に示す分光感度特性を有する 4 色カラーフィルタが設けられた撮像装置の色再現性と、図 1 に示す 3 色カラーフィルタが設けられる画像処理装置の色再現性を比較した場合、以下のような差が
5 現れる。

例えば、マクベスチャートを 2 種類の画像入力装置（4 色カラーフィルタが設けられる撮像装置と、3 色カラーフィルタが設けられる撮像装置）で撮像したときの出力値とリファレンス値との Lab 色空間における色差が次の式（20）によりそれぞれ算出される。

10

$$\Delta E = \sqrt{(L_1 - L_2)^2 + (a_1 - a_2)^2 + (b_1 - b_2)^2} \cdots (20)$$

$L_1 - L_2$ は 2 つの試料の明度差であり、 $a_1 - a_2$ 、 $b_1 - b_2$ は 2 つの試料の色相・彩度の成分差を表している。

15 図 1 7 は、式（20）による算出結果を示す図である。図 1 7 に示すように、3 色カラーフィルタが設けられる撮像装置の場合は色差が「3. 32」であるのに対して、4 色カラーフィルタが設けられる撮像装置の場合は「1. 39」であり、「色の見え方」は 4 色カラーフィルタが設けられた撮像装置の方が優れている（色差が小さい）。

20 図 1 8 においては、物体 R 1 の R 値が「49. 4」、G 値が「64. 1」、B 値が「149. 5」とされ、物体 R 2 の R 値が「66. 0」、G 値が「63. 7」、B 値が「155. 6」とされている。従って、4 色カラーフィルタにおいては、物体 R 1 と物体 R 2 の RGB 値はそれぞれ異なる値となり、眼で見た場合と同様に、それぞれの物体の色が識別されている。すなわち、4 種類の色を識別で
25 きるフィルタを設けることにより、「色の判別性」が改善されている。

以上においては、4 色カラーフィルタ 6 1 は、図 6 に示すように、G 1 フィルタの左右に B フィルタが設けられるとともに、G 2 フィルタの左右に R フィルタが設けられるような配列により構成されとしたが、図 1 9 に示すような配列により構成されるようにしてもよい。図 1 9 に示す 4 色カラーフィルタ 6 1 におい

ては、G 1 フィルタの左右に R フィルタが設けられるとともに、G 2 フィルタの左右に B フィルタが設けられている。4 色カラーフィルタ 6 1 をこのように構成することによっても、図 6 に示すものと同様に、「色の判別性」、「色の再現性」および「ノイズの低減性」を向上させることができる。

- 5 ところで、色差（ ΔE 値）を最小にするように、リニアマトリクス係数 M を決定した場合、もしも、画像センサ 4 5 の前段部に形成されているカラーフィルタの分光感度が図 4 に示すように重なっているときには、式（2 1）のようにリニアマトリクス係数 M の差が大きくなってしまう。

$$10 \quad \begin{bmatrix} r'(\lambda) \\ g'(\lambda) \\ b'(\lambda) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 6.56 & -5.54 & 1.18 \\ -2.01 & 3.12 & -0.16 \\ 0.12 & -0.28 & 1.07 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} r(\lambda) \\ g(\lambda) \\ b(\lambda) \end{bmatrix} \quad \cdots (21)$$

- 撮像素子の出力信号には、微小なノイズ成分が含まれているため、このようなリニアマトリクス係数 M を使用して色分離処理を行なうと、微小なノイズ成分も増幅されてしまう。したがって、リニアマトリクス係数 M の差が大きくならないように、色再現性よりもノイズ低減性を考慮する必要が生じる。しかし、当該撮像装置により実際に被写体を撮像するときに、撮像するシーンや環境により、色再現性よりもノイズ低減性を重視してリニアマトリクス係数 M を決定し、適応的にリニアマトリクス処理を行なった方が画質の向上を図れる場合や、逆に、ノイズ低減性よりも色再現性を重視してリニアマトリクス係数 M を決定し、適応的にリニアマトリクス処理を行なった方が画質の向上を図れる場合がある。また、撮像装置の使用の用途は、ユーザごとに異なるため、リニアマトリクス係数 M の決定をユーザが任意に行ないたい場合がある。

- 25 そこで、本願発明に係る撮像装置では、上述したような問題点を解決するために、図 2-0 に示すフローチャートにしたがってリニアマトリクス係数 M を決定する。

まず、使用するチャート及び照明光の決定を行ない（ステップ S 5 0）、つぎに色再現性指標 ΔE (M) の定義を行ない（ステップ S 5 1）、つぎにノイズ低

減性指標 $\sigma_N(M)$ の定義を行ない（ステップ S 5 2）、つぎに評価指数 $EEV(M)$ （Error Evaluation Value）の定義を行ない（ステップ S 5 3）、そして、評価指数 $EEV(M)$ に基づきリニアマトリクス係数 M を決定する（ステップ S 5 4）。なお、ステップ 5 では、評価指数 $EEV(M)$ の係数を撮像条件等により適応的に変化させ、対応するリニアマトリクス係数 M を決定する。以下に、各

使用するチャート及び照明光の決定（ステップ S 5 0）について説明する。リニアマトリクス係数 M を決定するためには、カラーチャートと、当該カラーチャートを照明する光源を決める必要がある。カラーチャートとしては、Macbeth Color Checker, Digital Camera Color Checker, IT8.7等の複数の均一な色平面を持つカラーパッチから成る様々な反射チャート又は透過チャートが考えられる。照明光としては、撮像装置がよく使用される環境の光に近い分光感度を持つもの（例えば D 5 5 や光源等）が考えられる。なお、撮像装置は、ユーザの使用目的により様々な光源下で用いられることが考えられるので、照明光としては、よく使用される環境の光のみに限定されるものではない。

つぎに、色再現性指標 $\Delta E(M)$ の定義（ステップ S 5 1）について説明する。色再現性は、目標色と撮像装置のリニアマトリクス処理部 9 5 でリニアマトリクス処理が行なわれた信号値が示す色（以下、出力色という。）との差で定義される。なお、色の値としては、RGB値、YCbCr値又はXYZ値等様々な考えられるが、人間の眼の見えに対して知覚が均等な色空間の値（ $L^*a^*b^*$ 値、 $L^*u^*v^*$ 値等）を用いて定義する方が、より色の差を正確に示すことが可能となる。例えば、カラーチャート中の k 番目のカラーパッチの目標色を $Lab_{ref_k}(L^*_{ref_k}, a^*_{ref_k}, b^*_{ref_k})$ とし、撮像装置の出力色を $L^*a^*b^*_{shot_k}(L^*_{shot_k}, a^*_{shot_k}, b^*_{shot_k})$ とすると、このパッチの色差 ΔE_k は式（2 2）のようになる。

25

$$\Delta E_k = \sqrt{(L^*_{ref_k} - L^*_{shot_k})^2 + (a^*_{ref_k} - a^*_{shot_k})^2 + (b^*_{ref_k} - b^*_{shot_k})^2} \quad \dots (2 2)$$

また、色再現性指標 $\Delta E(M)$ としては、カラーチャートの各パッチの平均 Δ

E 値や、各パッチに重み付けを行ってある特定色の色再現性を重視した値等が考えられる。

$$\Delta E = \frac{1}{TotalPatchNum} \int_{k=1}^{TotalPatchNum} w_k \cdot \Delta E_k \quad \dots (23)$$

5

ただし、 w_k は、各パッチに対する重み付け係数を示し、TotalPatchNumは、カラーパッチの総数を示す。

また、実際には撮像装置の出力色には、リニアマトリクス処理が施されているので、 $L*a*b*_{shot_k}$ は、リニアマトリクス係数Mの関数値となり、したがって ΔE

10

k 、 ΔE もMの関数値となる。

$$\begin{aligned}
 \Delta E(M) &= \frac{1}{TotalPatchNum} \int_{k=1}^{TotalPatchNum} w_k \cdot \Delta E_k(M) \\
 &= \frac{1}{TotalPatchNum} \int_{k=1}^{TotalPatchNum} w_k \cdot \sqrt{(L_{ref_k}^* - L_{shot_k}^*(M))^2 + (a_{ref_k}^* - a_{shot_k}^*(M))^2 + (b_{ref_k}^* - b_{shot_k}^*(M))^2} \\
 &\quad \dots (24)
 \end{aligned}$$

つぎに、ノイズ低減性指標 $\sigma N (M)$ の定義（ステップ S 5 2）について説明する。ノイズ低減性指標 $\sigma N (M)$ は、撮像装置のリニアマトリクス処理部 9 5 でリニアマトリクス処理が行なわれた信号値の標準偏差で定義する。信号値としては、RGB値、YCbCr値又はXYZ値等様々考えられるが、人間の眼の見えに対して知覚が均等な色空間の値（L*a*b*値、L*u*v*値）等を用いて信号値を定義する方が、より人が感じるノイズ感と相関のあるノイズ値 σN_k を得ることが可能となる。なお、ノイズ値は、信号値の色空間に対応して、色空間の各成分の標準偏差となる。例えば、RGB空間の場合には、ノイズ値は、 σR , σG , σB となり、XYZ空間の場合には、ノイズ値は、 σX , σY , σZ となる。ノイズ低減性指標 $\sigma N (M)$ の定義では、これらのノイズ値を使って1つのノイズ指標を決定する。例えば、あるカラーパッチを照明光下で撮像した場合、L*a*b*空間のノイズ値 σN_k は、明度ノイズを σL_k 、色ノイズを σa_k , σb_k とし、これらの値から例えば式（2 5）のような明度及び色ノイズを考慮したものとして定義される。

$$\sigma N_k = \sqrt{\left(\frac{\sigma L_k^*}{w L_k^*}\right)^2 + \left(\frac{\sigma a_k^*}{w a_k^*}\right)^2 + \left(\frac{\sigma b_k^*}{w b_k^*}\right)^2} \quad \dots (25)$$

ただし、 $w L_k^*$ 、 $w a_k^*$ 、 $w b_k^*$ は、各標準偏差値への重み付け係数を示し、人間の眼が感じるノイズ感との相関で適切に設定されるものである。なお、ノイズ値 σN_k としては、他の色空間の分散値を使ったもの等様々考えられる。ノイズ低減性指標 $\sigma N (M)$ としては、カラーチャートの各パッチの平均 σN 値や、各パッチに重み付けを行ってある特定色のノイズ低減性を重視した値等が考えられる。

$$\sigma N = \frac{1}{TotalPatchNum} \int_{k=1}^{TotalPatchNum} w_k \cdot \sigma N_k \quad \dots (26)$$

実際には、撮像装置の信号値には、リニアマトリクス処理が施されているので、 σN_k 及び σN はリニアマトリクス係数 M の関数値となる。

$$\sigma N(M) = \frac{1}{TotalPatchNum} \int_{k=1}^{TotalPatchNum} w_k \cdot \sigma N_k(M) \quad \dots (27)$$

つぎに、評価指数 $EEV(M)$ の定義（ステップ S 5 3）について説明する。

- 5 上述したステップ S 5 1 及びステップ S 5 2 の定義により、リニアマトリクス係数 M の関数値である色再現性指標 $\Delta E(M)$ 及びノイズ低減性指標 $\sigma N(M)$ の二値を考慮した評価指数 EEV (Error Evaluation Value) (M) を式 (28) の様に定義する。

$$10 \quad EEV(M) = l[j\{w_c \cdot h(\Delta E(M))\} + k\{w_n \cdot i(\sigma N(M))\}] \quad \dots (28)$$

- ただし、 h , l , j , k , i は、関数を示し、 w_c は、色差に対する重み付け係数を示し、 w_n は、ノイズ値に対する重み付け係数を示す。 w_c と w_n を変化させて、評価指数 $EEV(M)$ が最小となるようにリニアマトリクス係数 M を決定
- 15 することにより、色再現性及びノイズ低減性の双方を考慮したリニアマトリクス係数 M の決定が可能となる。なお、色再現性を重視したい場合は、 $w_c > w_n$ とし、ノイズ低減性を重視したい場合は、 $w_c < w_n$ と重み付けを設定すれば良い。

- つぎに、リニアマトリクス係数 M を決定する手段（ステップ S 5 4）について
- 20 説明する。ステップ S 5 3 により定義した評価指数 $EEV(M)$ に誤差最小二乗法を適用してリニアマトリクス係数 M を決定する。なお、ステップ S 5 4 では、 w_c 及び w_n を適当に定めて、例えば Newton 法、Steepest Descent 法又は Conjugate Gradient 法等を回帰アルゴリズムとして使用して誤差最小二乗法を適用し、リニアマトリクス係数 M を決定する。

- 25 また、ステップ S 5 4 では、撮像装置により被写体を撮像するときの環境や条件等によりステップ S 5 3 で定義した評価指数 $EEV(M)$ の色差に対する重み付け係数 w_c 及びノイズ値に対する重み付け係数 w_n を適応的に変化させ、誤差最小二乗法によりリニアマトリクス係数 M を決定する。図 2 1 に、色再現性指

標 ΔE (M) を変化させたときのノイズ値低減性指標 σN (M) の変化の様子を示す。図 2 1 に示すように、一つの撮像素子においても、リニアマトリクス係数 M によって色再現性指標 ΔE (M) とノイズ低減性指標 σN (M) のトレードオフが存在する。この結果を用いて、様々な撮像環境及び条件等に応じて適応的に
5 リニアマトリクス係数 M を決定する。また、あらかじめいくつかのリニアマトリクス係数 M のセットを用意し、ユーザが必要に応じてリニアマトリクス係数 M を選択して色再現性指標 ΔE (M) 及びノイズ低減性指標 σN (M) を調節することも可能である。

ここで、撮像装置が図 2 2 に示すような特性の 4 色カラーフィルターよりなる
10 CCD 撮像素子を有している場合に、上述したステップ S 5 0 ～ステップ S 5 4 にしたがってリニアマトリクス係数 M を決定する具体例について述べる。

まず、使用するチャート及び照明光を決定する (ステップ S 5 0)。カラーチャートは、Macbeth Color Checker (24 色のカラーパッチを含む) を使用し、照明光は、D 5 5 光源 (C I E で定義される 5 5 0 0 k の標準昼光) を使用する。
15 なお、それぞれの分光データは、例えば、分光放射輝度計を用いて測定されているものとする。

つぎに、色再現性指標 ΔE (M) の定義を行なう (ステップ S 5 1)。目標色を人間の眼の見えとし、Lab 空間での色差 ΔE を指標とする。一般的に物体色は、「物体の分光反射率」と「照明の分光エネルギー分布」と「物体を感知するセン
20 サの分光感度分布」との積を可視光領域 vis (通常 400nm ～ 700nm) の範囲で積分した値によって式 (2 9) のように定義される。

物体色 = $\int_{vis} (\text{物体の分光反射率}) \cdot (\text{照明の分光輝度}) \cdot (\text{物体を感知するセンサの分光感度}) \cdots (2 9)$

さらに、人間の眼の分光感度を表す等色関数を用いると、カラーチャートの k 番目のパッチの目標色 $XYZ_{ref,k} (X_{ref,k}, Y_{ref,k}, Z_{ref,k})$ は、式 (2 9) を用いて式 (3
25 0) のように表すことができる。

$$\left. \begin{aligned} X_{ref_k} &= m \int_{vis} R_k(\lambda) \cdot L(\lambda) \cdot \bar{x}(\lambda) d\lambda \\ Y_{ref_k} &= m \int_{vis} R_k(\lambda) \cdot L(\lambda) \cdot \bar{y}(\lambda) d\lambda \\ Z_{ref_k} &= m \int_{vis} R_k(\lambda) \cdot L(\lambda) \cdot \bar{z}(\lambda) d\lambda \end{aligned} \right\} \dots (30)$$

ただし、 $R_k(\lambda)$: Macbethチャート中のある k 番目カラーパッチ
の分光反射率

$L(\lambda)$: 照明光D55分光放射輝度

$\bar{x}, \bar{y}, \bar{z}$: 等色関数

$$m = 1 / \int_{vis} L(\lambda) \cdot \bar{y}(\lambda) d\lambda$$

また、通常は、式(31)を使用してXYZ空間の色をL*a*b*空間の色に変換する。
5

$$\left. \begin{aligned} L^* &= 116 \cdot (Y/Y_n)^{1/3} - 16 \\ a^* &= 500 \cdot \{(X/X_n)^{1/3} - (Y/Y_n)^{1/3}\} \\ b^* &= 200 \cdot \{(Y/Y_n)^{1/3} - (Z/Z_n)^{1/3}\} \end{aligned} \right\} \dots (31)$$

ただし、 (X_n, Y_n, Z_n) は、完全拡散反射面(白点)のXYZ値を示している。
10

そして、目標色XYZ_{ref_k}を式(31)を用いてL*a*b*_{ref_k}(L*_{ref_k}, a*_{ref_k}, b*_{ref_k})に変換する。

また、CCD撮像素子から出力される信号値であるrawデータRGBX_{raw_k}(R_{raw_k}, G_{raw_k}, B_{raw_k}, X_{raw_k})は、式(29)を用いると式(32)のようになる。
15

$$\left. \begin{aligned} R_{raw_k} &= mr \int_{vis} R_k(\lambda) \cdot L(\lambda) \cdot \bar{r}(\lambda) d\lambda \\ G_{raw_k} &= mg \int_{vis} R_k(\lambda) \cdot L(\lambda) \cdot \bar{g}(\lambda) d\lambda \\ B_{raw_k} &= mb \int_{vis} R_k(\lambda) \cdot L(\lambda) \cdot \bar{b}(\lambda) d\lambda \\ X_{raw_k} &= mx \int_{vis} R_k(\lambda) \cdot L(\lambda) \cdot \bar{x}(\lambda) d\lambda \end{aligned} \right\} \dots (32)$$

ただし、 $\bar{r}, \bar{g}, \bar{b}, \bar{x}$: カメラのCCDカラーフィルタの分光感度分布

$$mr = 1 / \int_{vis} L(\lambda) \cdot \bar{r}(\lambda) d\lambda$$

$$mg = 1 / \int_{vis} L(\lambda) \cdot \bar{g}(\lambda) d\lambda$$

$$mb = 1 / \int_{vis} L(\lambda) \cdot \bar{b}(\lambda) d\lambda$$

$$mx = 1 / \int_{vis} L(\lambda) \cdot \bar{x}(\lambda) d\lambda$$

- 撮像装置は、リニアマトリクス処理部 95 で raw データ RGBX_{raw_k} (R_{raw_k},
 5 G_{raw_k}, B_{raw_k}, X_{raw_k}) をリニアマトリクス係数 M (m₀ ~ m₁₁) を用いてリニアマトリクス処理をするので、リニアマトリクス処理後の撮像データは式 (33) のようになる。

$$\begin{aligned} \begin{bmatrix} R_{cam_k} \\ G_{cam_k} \\ B_{cam_k} \end{bmatrix} &= M \cdot \begin{bmatrix} R_{raw_k} \\ G_{raw_k} \\ B_{raw_k} \\ X_{raw_k} \end{bmatrix} \\ &= \begin{bmatrix} m0 & m1 & m2 & m3 \\ m4 & m5 & m6 & m7 \\ m8 & m9 & m10 & m11 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} R_{raw_k} \\ G_{raw_k} \\ B_{raw_k} \\ X_{raw_k} \end{bmatrix} \end{aligned}$$

10

... (33)

そして、上記 RGB_{cam_k} を XYZ 値に変換する。なお、変換には、式 (34) に示すように、一般的に使用されている 709 系マトリクス M₇₀₉ を使用する。

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = M_{709} \cdot \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.4124 & 0.3576 & 0.1805 \\ -0.9689 & 1.8758 & 0.0415 \\ 0.0557 & -0.204 & 1.057 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \quad \dots (34)$$

つぎに、式(34)を用いて、 X_{cam_k} 、 Y_{cam_k} 、及び Z_{cam_k} を求める。

$$\begin{bmatrix} X_{cam_k} \\ Y_{cam_k} \\ Z_{cam_k} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.4124 & 0.3576 & 0.1805 \\ -0.9689 & 1.8758 & 0.0415 \\ 0.0557 & -0.204 & 1.057 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} R_{cam_k} \\ G_{cam_k} \\ B_{cam_k} \end{bmatrix} \quad \dots (35)$$

また、式(31)を用いて $L^*a^*b^*$ 値($L^*_{cam_k}$ 、 $a^*_{cam_k}$ 、 $b^*_{cam_k}$)に変換し、カラーチャートの k 番目のパッチの色差 ΔE_k を式(36)のように定義する。

$$\Delta E_k = \sqrt{(L^*_{ref_k} - L^*_{cam_k})^2 + (a^*_{ref_k} - a^*_{cam_k})^2 + (b^*_{ref_k} - b^*_{cam_k})^2} \quad \dots (36)$$

なお、 ΔE_k は、 $L^*a^*b^*_{cam_k}$ の値を使用しているので、リニアマトリクス係数 M の関数値でもあるので、 $\Delta E_k(M)$ と表すことができる。色再現性指標 $\Delta E(M)$ は、
式(37)に示すように、各カラーパッチの色差の平均値として定義する。

$$\Delta E(M) = \frac{1}{TotalPatchNum} \int_{k=1}^{TotalPatchNum} \Delta E_k(M) \quad \dots (37)$$

ただし、 $TotalPatchNum = 24$:カラーパッチの総数

つぎに、ノイズ低減性指標 $\sigma N(M)$ の定義を行なう(ステップS52)。なお、ここでは、撮像装置のリニアマトリクス処理部95によるリニアマトリクス処理後の信号値に含まれている $\sigma L(M)$ 成分に基づきノイズ低減性指標 $\sigma N(M)$ を定義する。

一般的にCCD撮像素子自体が出力する信号 CV_{ccd} に含まれているノイズ $Noise_{\text{raw}}$ は、式(38)のように定義される。

$$\begin{aligned} Noise_{\text{raw}} &= \sqrt{ShotNoiseCoef \cdot CV_{\text{ccd}} + DarkNoise} \\ &= \sqrt{ShotNoise + DarkNoise} \quad \dots(38) \end{aligned}$$

5

なお、ShotNoiseCoefとDarkNoiseは、CCD撮像素子のデバイス特性によって決まる値である。DarkNoiseは、信号値に依存しないノイズ成分(Fixed Pattern Noise等)を表し、ShotNoiseは、信号値に依存するノイズ成分(Sensor Dark Noise, Photon Shot Noise等)を表す。

10 式(31)を使用すると、評価する撮像装置のk番目のカラーパッチのrawデータに含まれているノイズ成分は式(39)のように定義される。

$$\left. \begin{aligned} Noise_{R_{\text{raw}_k}} &= \sqrt{ShotNoiseCoef \cdot R_{\text{raw}_k} + DarkNoise} \\ Noise_{G_{\text{raw}_k}} &= \sqrt{ShotNoiseCoef \cdot G_{\text{raw}_k} + DarkNoise} \\ Noise_{B_{\text{raw}_k}} &= \sqrt{ShotNoiseCoef \cdot B_{\text{raw}_k} + DarkNoise} \\ Noise_{X_{\text{raw}_k}} &= \sqrt{ShotNoiseCoef \cdot X_{\text{raw}_k} + DarkNoise} \end{aligned} \right\} \quad \dots(39)$$

15 また、文献(P. D. Burns and R. S. Berns, "Error Propagation Analysis in Color Measurement and Imaging", Color Research and Application, 1997)には、以下に示すようなノイズ伝搬理論が記載されている。

所定の入力信号 $X' = [x_1, x_2, \dots, x_n]$ が、 $(m \times n)$ マトリクスAによって、 $Y' = [y_1, y_2, \dots, y_m]$ に線形変換されるとすると、式(40)のように表される。

20

$$Y' = A \cdot X' \quad \dots(40)$$

いま、入力信号 X' の分散共分散行列 Σ_x が、式(41)に示すようになると、対角成分が入力信号のNoise分散値となる。

$$\Sigma_x = \begin{bmatrix} \sigma_{11} & \sigma_{12} & \cdots & \sigma_{1n} \\ \sigma_{21} & \sigma_{22} & & \\ \vdots & & \ddots & \\ \sigma_{n1} & & & \sigma_{nn} \end{bmatrix} \quad \cdots (41)$$

もし、入力信号値同士の相関がなければ、行列成分中の共分散成分（すなわち非対角成分）は 0 となる。このとき、出力信号 Y の分散共分散行列 Σ_y は、式
5 (42) のように定義される。

$$\Sigma_y = A \cdot \Sigma_x A' \quad \cdots (42)$$

なお、式 (42) は、線形変換で変換することができる色空間同士での、Noise 分散値の伝搬理論式となる。

また、撮像装置のリニアマトリクス処理部 95 によるリニアマトリクス処理後
10 の信号 RGB_{cam_k} を $L*a*b*_{cam_k}$ に変換するためには、RGB 空間から XYZ 空間への変換処理（以下、RGB→XYZ 変換処理という。）を行ない、その後、XYZ 空間から $L*a*b*$ 空間への変換処理（以下、XYZ→ $L*a*b*$ 変換処理という。）を行なう必要がある。
RGB→XYZ 変換処理は、式 (34) に示す 709 系マトリクス M_{709} を使用して線形変換を行なうことができるが、XYZ→ $L*a*b*$ 変換処理は、式 (31) に示すよ
15 うに非線形変換を行なう必要がある。しかし、XYZ→ $L*a*b*$ 変換処理は、ノイズ量が微小量であることから、Jacobian マトリクス J_{L*a*b*_k} を使用して線形近似することができる、RGB→XYZ 変換処理と同様に線形変換により行なうことができる。

リニアマトリクス後の信号値を XYZ 値に変換した値を XYZ_{cam_k} (X_{cam_k} , Y_{cam_k} , Z_{cam_k}) とすると、式 (43) のように表すことができ
20 る。

$$J_{L*a*b*_k} = J_0 D(XYZ_{cam_k}) \quad \cdots (43)$$

ただし、 J_0 は、式 (44) とする。

$$J_0 = \begin{bmatrix} 0 & 116 & 0 \\ 500 & -500 & 0 \\ 0 & 200 & -200 \end{bmatrix} \dots (44)$$

また、

$$v(a,b) = \begin{cases} \frac{1}{3} \cdot a^{\frac{2}{3}} \cdot b^{-\frac{1}{3}} & \frac{a}{b} > 0.008856 \\ 7.787 \cdot b^{-1} & \frac{a}{b} \leq 0.008856 \end{cases}$$

とすると、式(45)となる。

$$D(XYZ_{cam_k}) = \begin{bmatrix} v(X_{cam_k}, X_n) & 0 & 0 \\ 0 & v(Y_{cam_k}, Y_n) & 0 \\ 0 & 0 & v(Z_{cam_k}, Z_n) \end{bmatrix} \dots (45)$$

ただし、完全拡散反射面（白点）のXYZ値を $XYZ_n(X_n, Y_n, Z_n)$ とする。

したがって、CCD撮像素子から出力される raw データを Lab 値に線形変換するための近似マトリクス M_{total_k} は式（46）のようになる。

5

$$M_{total_k} = J_{L*a*b_k} \cdot M_{709} \cdot M \quad \dots (46)$$

式（46）のマトリクスと式（42）に示したノイズ伝搬理論の式を適用すると、k 番目のカラーパッチにおける明度ノイズ σ_{L_k} は、式（47）で計算することができる。

10

$$\begin{aligned}
 \Sigma_{L^*a^*b^*_k} &= M_{total_k} \cdot \Sigma_{RGBraw_k} \cdot M_{total_k}^* \\
 \begin{bmatrix} \sigma^2 L_k^* & \sigma L_k^* a_k^* & \sigma L_k^* b_k^* \\ \sigma a_k^* L_k^* & \sigma^2 a_k^* & \sigma a_k^* b_k^* \\ \sigma b_k^* L_k^* & \sigma b_k^* a_k^* & \sigma^2 b_k^* \end{bmatrix} &= M_{total_k} \cdot \begin{bmatrix} NoiseRawR_k & 0 & 0 \\ NoiseRawG_k & 0 & 0 \\ NoiseRawB_k & 0 & 0 \end{bmatrix} \cdot M_{total_k}^* \\
 &\dots (47)
 \end{aligned}$$

したがって、式（４７）より式（４８）を導き出すことができる。

$$\sigma L^*_k = \sqrt{\sigma^2 L^*_k} \quad \dots (48)$$

- 5 なお、式（４８）は、リニアマトリクス係数Mの関数なので $\sigma L^*_k(M)$ で表すことができる。ノイズ低減性指標 $\sigma N(M)$ は、カラーパッチの各明度ノイズの平均値なので式（４９）のように定義することができる。

$$\sigma N(M) = (1/24) \cdot \int_{k=1}^{24} \sigma L^*_k(M) \quad \dots (49)$$

10

つぎに、上述のように定義した色再現性指標 $\Delta E(M)$ 及びノイズ低減性指標 $\sigma N(M)$ を考慮した評価指数 $EEV(M)$ を式（５０）のように定義する（ステップＳ５３）。

$$EEV(M) = \sqrt{(wc \cdot \Delta E(M))^2 + (wn \cdot \sigma N(M))^2} \quad \dots (50)$$

15

ただし、

wc ：色再現性に対する重み係数

wn ：ノイズ低減性に対する重み係数

つぎに、式（５０）を誤差最小二乗法によって解き、リニアマトリクス係数Mを決定する。例えば、 $wc = 1$ とし $wn = 2$ とすると評価指数 $EEV(M)$ は、式（５１）となる。

20

$$EEV(M) = \sqrt{\Delta E(M)^2 + (2 \cdot \sigma N(M))^2} \quad \dots (51)$$

式（５１）を誤差最小二乗法を用いて解き、リニアマトリクス係数Mを式（５

2) のように決定する (ステップ S 5 4) 。

$$M = \begin{bmatrix} 1.57 & -0.43 & -0.01 & -0.12 \\ -0.14 & 1.25 & -0.37 & 0.26 \\ -0.01 & -0.27 & 1.68 & -0.40 \end{bmatrix} \quad \dots (5 2)$$

一方、 $w_c = 1$ とし $w_n = 0$ とした、すなわち色再現性だけを追い込んだ色差
5 最小マトリクスは式 (5 3) のようになる。

$$M = \begin{bmatrix} 1.48 & 0.56 & 0.35 & -1.39 \\ -0.22 & 2.19 & -0.01 & -0.96 \\ -0.06 & 0.27 & 1.93 & -1.14 \end{bmatrix} \quad \dots (5 3)$$

式 (5 2) と、式 (5 3) を比較すると、明らかに式 (5 3) の係数の方が係
10 数間の大小差が大きく、ノイズを増長するマトリクスであることが確認できる。

ここで、撮像装置の ISO 感度の設定に基づきリニアマトリクス係数 M を適応的
に決定する具体例について述べる。撮像装置では、ISO 感度の設定に基づいて CCD
撮像素子から入力される信号 (以下、入力信号という。) を増幅又は減衰させる。
撮像装置の ISO 感度の設定を ISO100 から ISO200 に変更したときには、入力信号は、
15 例えば、ISO100 のときの 2 倍に増幅されて撮像装置に入力される。しかし、撮像
装置では、ISO 感度の設定状態にかかわらず全ての入力信号に対して同一のリニ
アマトリクス係数 M を使用してリニアマトリクス処理を行なうため、ISO 感度の
設定が高い場合には、入力信号の増幅に伴い、入力信号に含まれているノイズ成
分も一緒に増幅されてしまう。したがって、ISO 感度の設定を高くして高解像度
20 の画像を得ようとしても、増幅されたノイズ成分が含まれている画像が生成され
てしまう。

そこで、本願発明に係る撮像装置では、ISO 感度の設定に基づき増幅又は減衰
される入力信号に含まれているノイズ成分の低減性を考慮してリニアマトリクス
係数 M を決定し、当該リニアマトリクス係数 M を使用してリニアマトリクス処理
25 を行なう。例えば、表 1 に示すように、ノイズ低減性に対する重み係数 (w_n)

をISO感度の設定に応じて変化できるようにし、 w_c 及び w_n を式 (50) に代入してISO感度の設定ごとのリニアマトリクス係数 M を決定する。したがって、撮像装置は、ISO感度の設定状態に基づいて決定されたりニアマトリクス係数 M を用いてリニアマトリクス処理を行なうことができるので、ISO感度の設定を高くしても、それに伴いノイズ成分が増幅することがなく、高解像度の画像を得ることが可能となる。

表 1

ISO感度の設定	w_c	w_n
100	1	1
200	1	2
400	1	4
800	1	6

ここで、撮像装置により被写体を撮像する環境に基づきリニアマトリクス係数 M を適応的に決定する例について述べる。例えば、夜景等の被写体を撮像装置により撮像した場合には、生成された画像の大半を暗い部分（暗部）が占めることがあり、その暗部にノイズが生じていると非常に目立ってしまう。このような場合には、色再現性よりもノイズ成分の低減性を考慮した方が良い。

そこで、本発明に係る撮像装置では、被写体を撮像するシーンに基づきノイズ低減性と色再現性を考慮してリニアマトリクス係数 M を決定し、当該リニアマトリクス係数 M を使用してリニアマトリクス処理を行なう。例えば、図 23 のヒストグラムに示すように、撮像装置の輝度ダイナミックレンジの半分以下の領域に、生成した画像の輝度成分の 70% 以上が含まれているようなときには、ノイズ低減性を重視してリニアマトリクス係数 M を決定し、それ以外のときには色再現性及びノイズ低減性を考慮してリニアマトリクス係数 M を決定する。具体的には、表 2 に示すように、ノイズ低減性に対する重み係数 (w_n) を撮像シーンに応じて変化できるようにし、 w_c 及び w_n を式 (50) に代入して、撮像シーンごとにリニアマトリクス係数 M を決定する。したがって、撮像装置は、撮像シーンに

基づいて決定されたりニアマトリクス係数 M を用いてリニアマトリクス処理を行なうことができるので、生成された画像の大半を暗部が占めても、ノイズ成分を目立たなくすることが可能である。

5

表 2

撮像シーン	w_c	w_n
夜景	1	8
その他	1	2

ここで、撮像装置を使用するユーザの要求に基づきリニアマトリクス係数 M を適応的に決定する具体例について述べる。撮像装置で被写体を撮影して生成した画像は、ユーザの使用用途によって、色再現性よりもノイズが少ないことが要求
10 されることが多々ある。使用用途は撮像装置の製作会社には分からない事で、ユーザだけが知っている事実である。

そこで、本願発明に係る撮像装置では、ユーザが意図的する条件に基づきリニアマトリクス係数 M を決定し、当該リニアマトリクス係数 M を使用してリニアマトリクス処理を行なう。例えば、表 3 に示すように、ノイズ低減性に対する重み
15 係数 (w_n) をノイズ量調節変数に応じて変化できるようにし、 w_n 及び w_c を式 (50) に代入して、ノイズ量調整変数ごとにリニアマトリクス係数 M を決定し、決定したリニアマトリクス係数 M を記憶しておき、ユーザがノイズ量調節変数を当該撮像装置のインターフェースを通して変化させたときに、所定のリニアマトリクス係数 M を決定し、当該リニアマトリクス係数 M を使用してリニアマト
20 リクス処理を行なう。したがって、撮像装置は、ユーザの要求に応じて決定されたりニアマトリクス係数 M を用いてリニアマトリクス処理を行なうことができるので、ユーザの使用状況に応じたノイズ量調節を行なうことが可能である。

表 3

ノイズ量調節変数	w c	w n
0	1	1
1	1	2
2	1	3
3	1	4
4	1	5
5	1	6

なお、表 3 では、ノイズ量調節変数の数値が大きくなればなるほどノイズ量が減ることを意味している。また、撮像前にノイズ量調節変数の設定を行わず、
5 撮像装置の撮像開始ボタンを押圧したときに、いくつかのリニアマトリクス係数 M を使用したりニアマトリクス処理後の画像が複数個メモリに保存されるようにしても良い。

このように構成された撮像装置は、図 1 2 に示すフローチャートに従って画像センサ 4 5 の前段部に形成される 4 色カラーフィルタ 6 1 が決定されるので、
10 「色再現性」のうちの「色の判別性」を改善させることができ、また、信号処理部 7 1 で輝度を線形変換により表すことができる信号 (R, G 1, G 2, B) に対してマトリクス処理を行うので、図 2 に示す信号処理部 1 1 における処理のように、ガンマ処理を施した後に得られる信号に対してマトリクス処理を行う場合に較べて、色彩工学的に、より忠実な色を再現することができ、さらに、信号処
15 理部 7 1 のリニアマトリクス処理部 9 5 で行なうリニアマトリクス処理において、リニアマトリクス係数 M の決定を撮像条件等に応じて決定するので、撮像画像の色再現性及びノイズの低減性を向上させることができる。

なお、本発明は、図面を参照して説明した上述の実施例に限定されるものではなく、添付の請求の範囲及びその主旨を逸脱することなく、様々な変更、置換又
20 はその同等のものを行うことができることは当業者にとって明らかである。

本発明に係る撮像装置は、人間の眼の見え方に対して忠実な色の再現を表す色再現値と人間が感じるノイズ感を表すノイズ値を調整する調整部と、上記調整部の調整に基づきマトリクス係数を決定するマトリクス係数決定部と、上記マトリクス係数に基づき当該撮像装置に備えられている撮像素子部で撮像した画像にマトリクス変換処理を行なうマトリクス変換処理部とを備えるので、撮像環境及び条件に応じて適応的にリニアマトリクス係数 M を決定し、当該リニアマトリクス係数 M を使用してリニアマトリクス処理を行なうことができる。

また、本発明に係る撮像方法は、分光特性の異なるカラーフィルタによりなっており、人間の眼の見え方に対して忠実な色の再現を表す色再現値と人間が感じるノイズ感を表すノイズ値を調整する第1のステップと、上記第1のステップの調整に基づきマトリクス係数を決定する第2のステップと、上記マトリクス係数に基づき被写体を撮像する撮像素子部で撮像した画像にマトリクス変換処理を行なう第3のステップとを有するので、撮像環境及び条件に応じて適応的にリニアマトリクス係数 M を決定し、当該リニアマトリクス係数 M を使用してリニアマトリクス処理を行なうことができる。

請求の範囲

1. 分光特性の異なるカラーフィルタによりなっており、被写体を撮像する撮像素子部を有する撮像装置において、
- 5 色再現値とノイズ感を表すノイズ値を調整する調整手段と、
 上記調整手段の調整に基づきマトリクス係数を決定するマトリクス係数決定手段と、
 上記マトリクス係数に基づき上記撮像素子部で撮像した画像にマトリクス変換処理を行なうマトリクス変換処理手段とを備えることを特徴とする撮像装置。
- 10 2. 上記調整手段は、当該撮像装置の撮像感度に応じて適応的に上記色再現値と上記ノイズ値を調整することを特徴とする請求の範囲第1項記載の撮像装置。
 3. 上記調整手段は、当該撮像装置により撮像する環境に応じて適応的に上記色再現値とノイズ値を調整することを特徴とする請求の範囲第1項記載の撮像装置。
 4. 上記調整手段は、任意に上記色再現値と上記ノイズ値を調整することを特徴とする請求の範囲第1項記載の撮像装置。
- 15 5. 分光特性の異なるカラーフィルタによりなっており、被写体を撮像する撮像素子部を有する撮像装置により被写体を撮像する撮像方法において、
 色再現値とノイズ感を表すノイズ値を調整する第1のステップと、
 上記第1のステップの調整に基づきマトリクス係数を決定する第2のステップと、
- 20 上記マトリクス係数に基づき上記撮像素子部で撮像した画像にマトリクス変換処理を行なう第3のステップとを有することを特徴とする撮像方法。

1/16

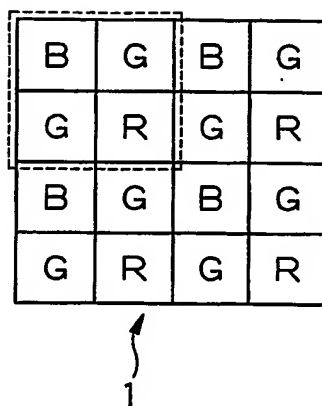


FIG. 1

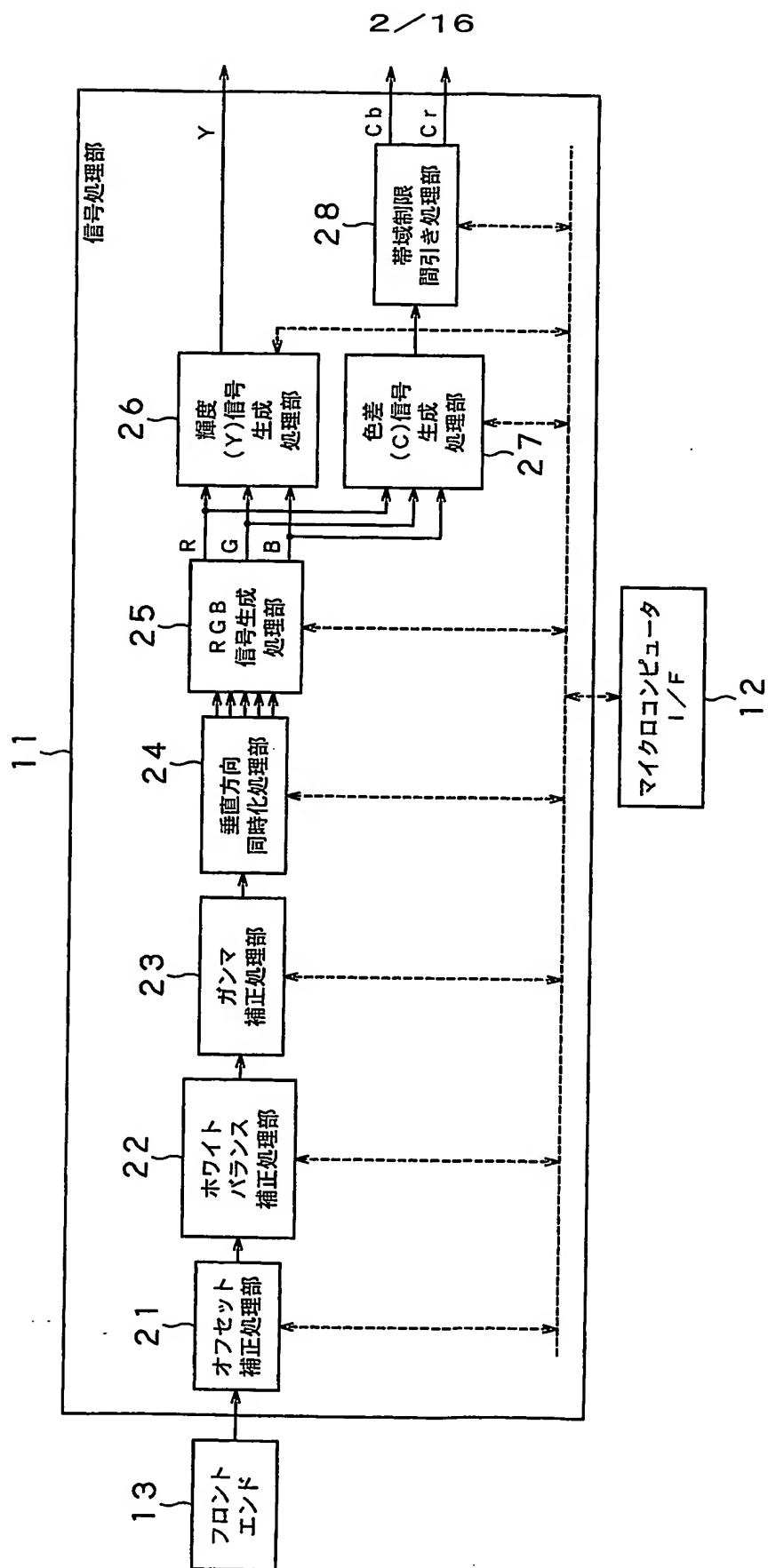


FIG. 2

3/16

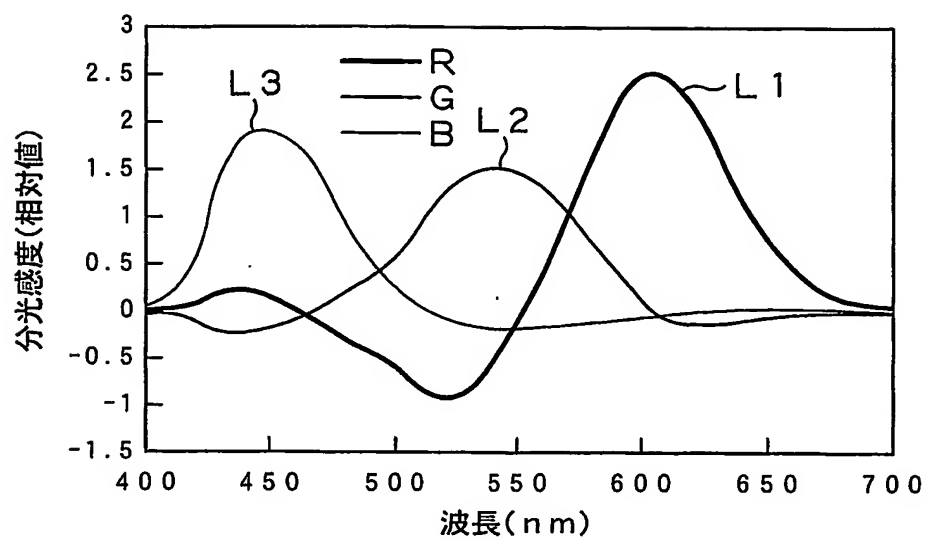


FIG. 3

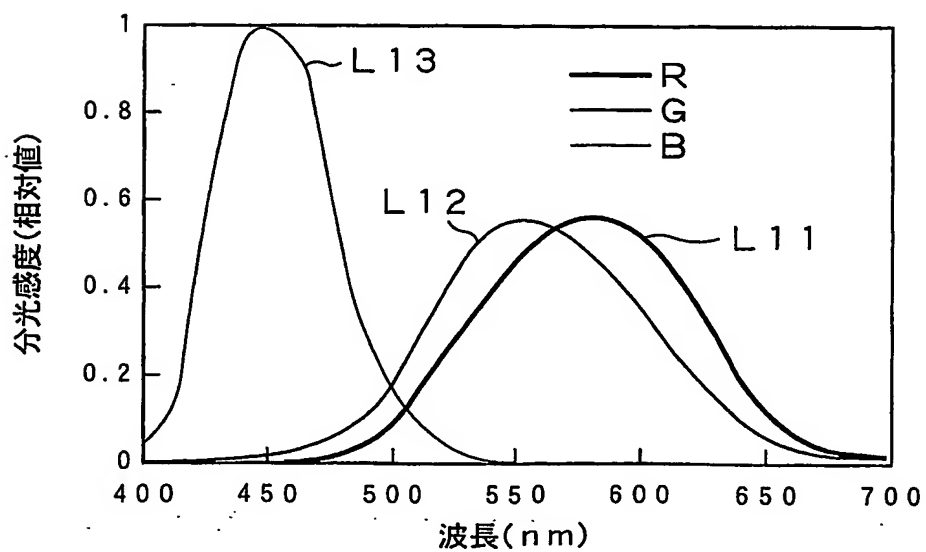


FIG. 4

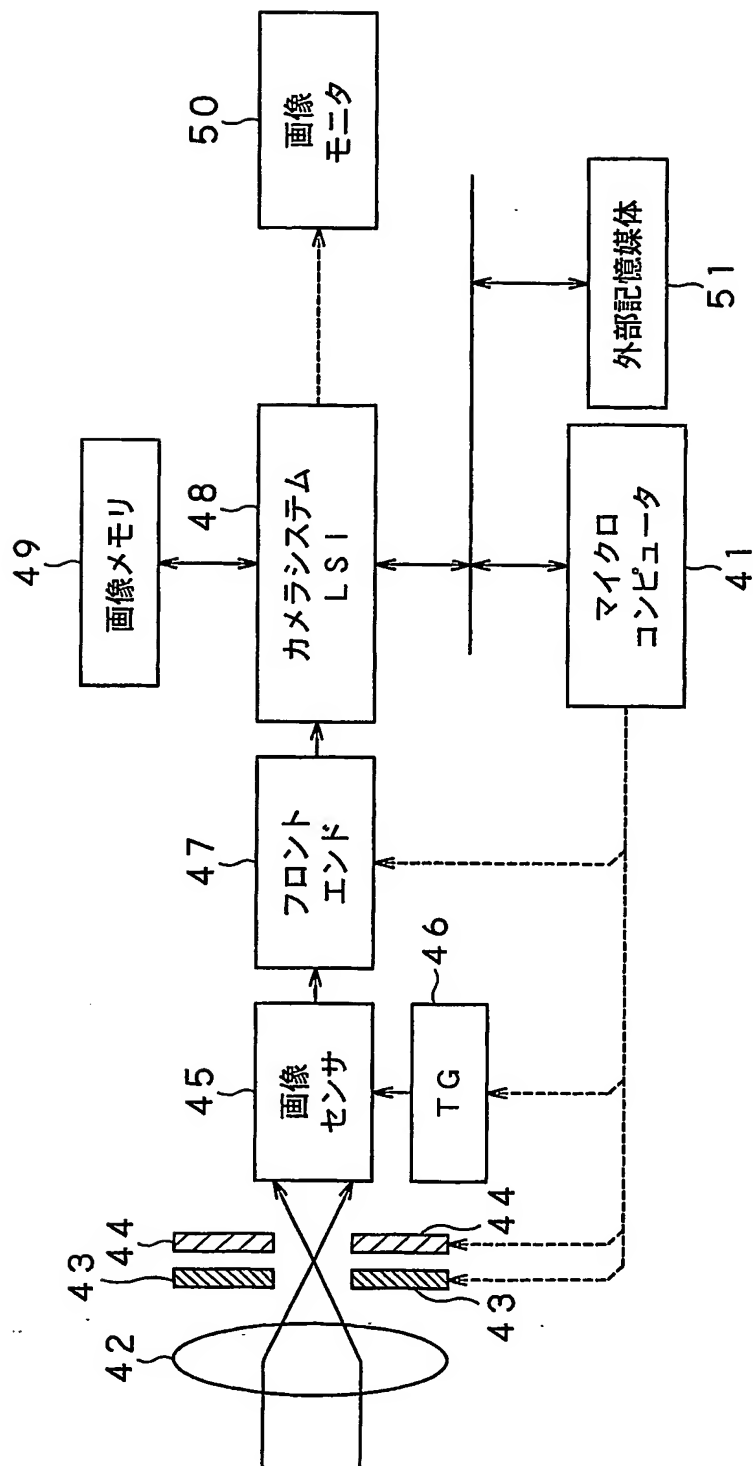


FIG.5

5/16

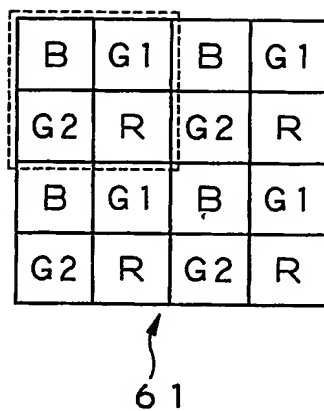


FIG. 6

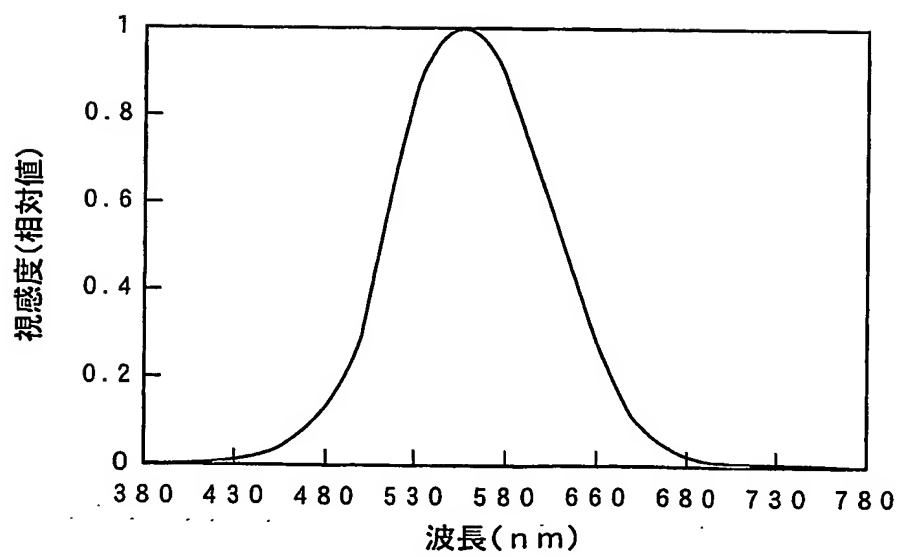


FIG. 7

評価係数名	1度に評価できる フィルタの数	物体の 分光反射率考慮	ノイズ低減 考慮
q - factor	1	×	×
μ - factor	複数	×	×
FOM (Figure of Merit)	複数	○	×
UMG (Unified Measure of Goodness)	複数	○	○

FIG.8

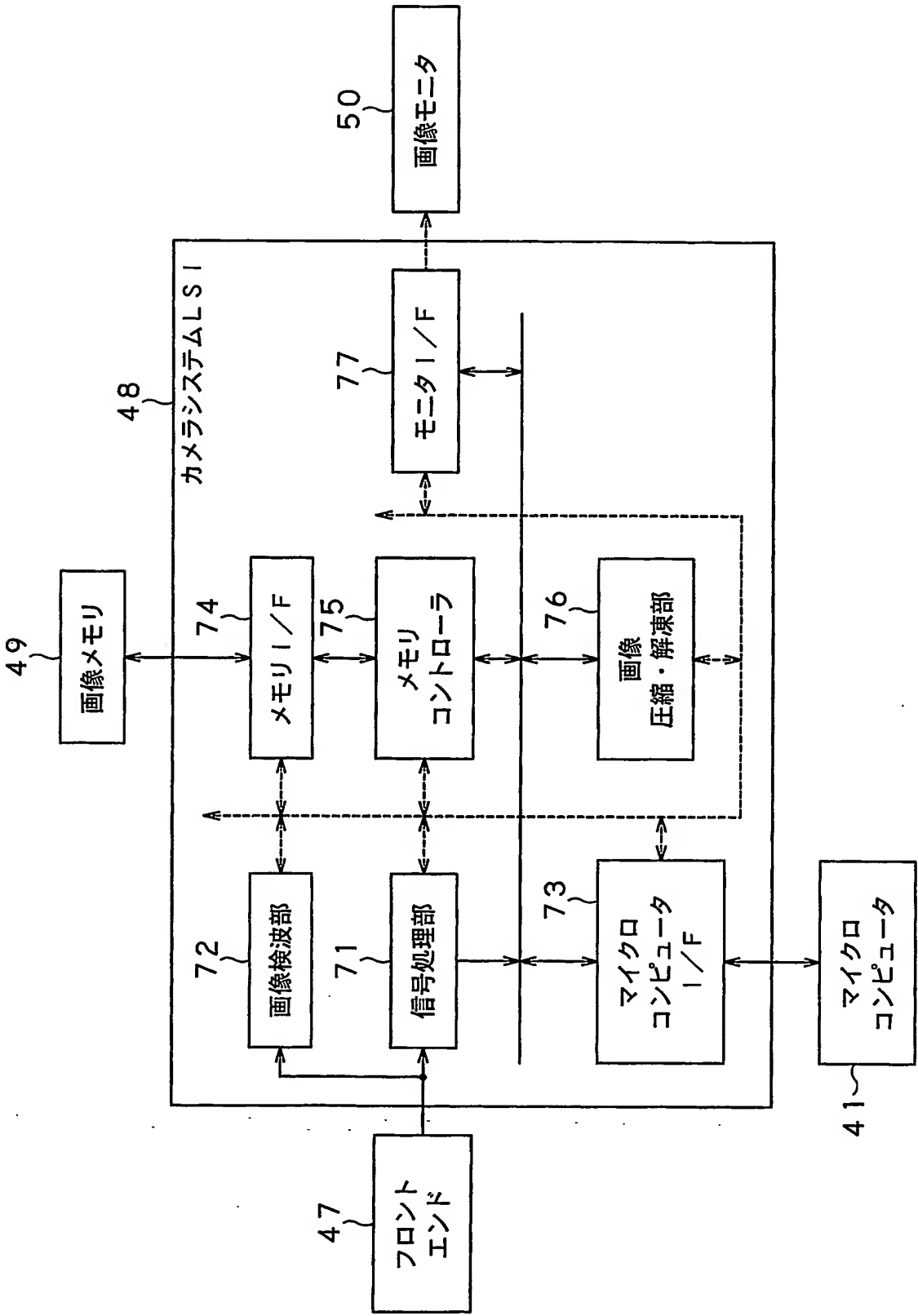


FIG.9

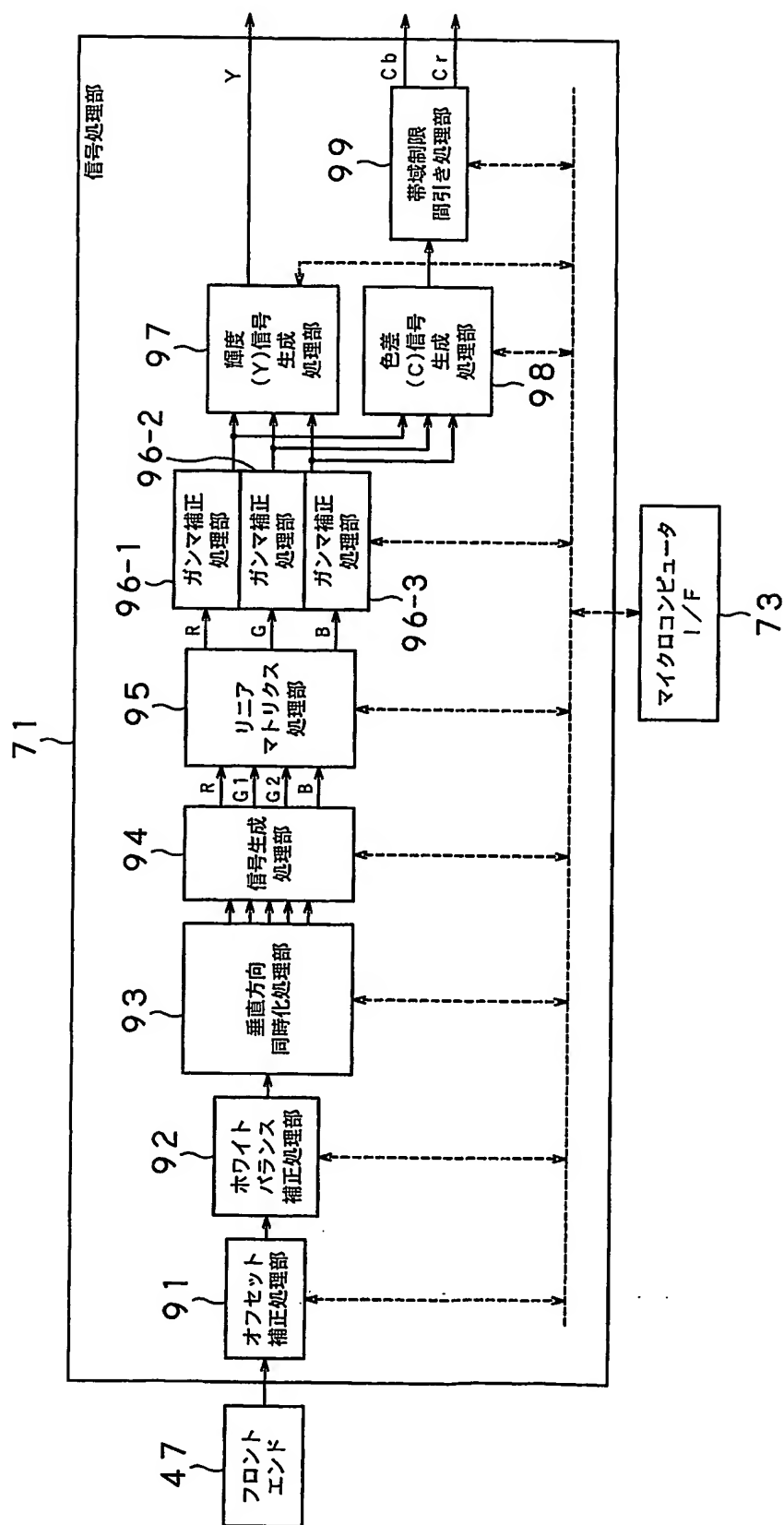


FIG.10

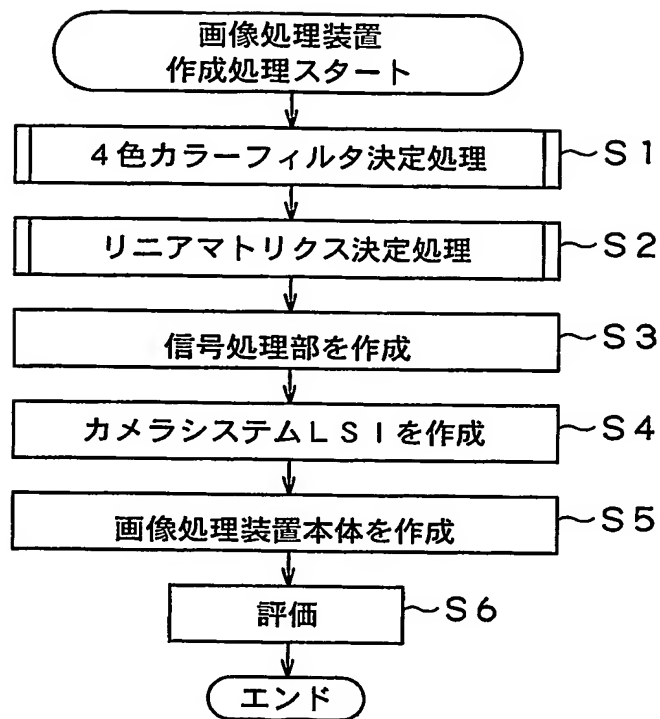


FIG. 1 1

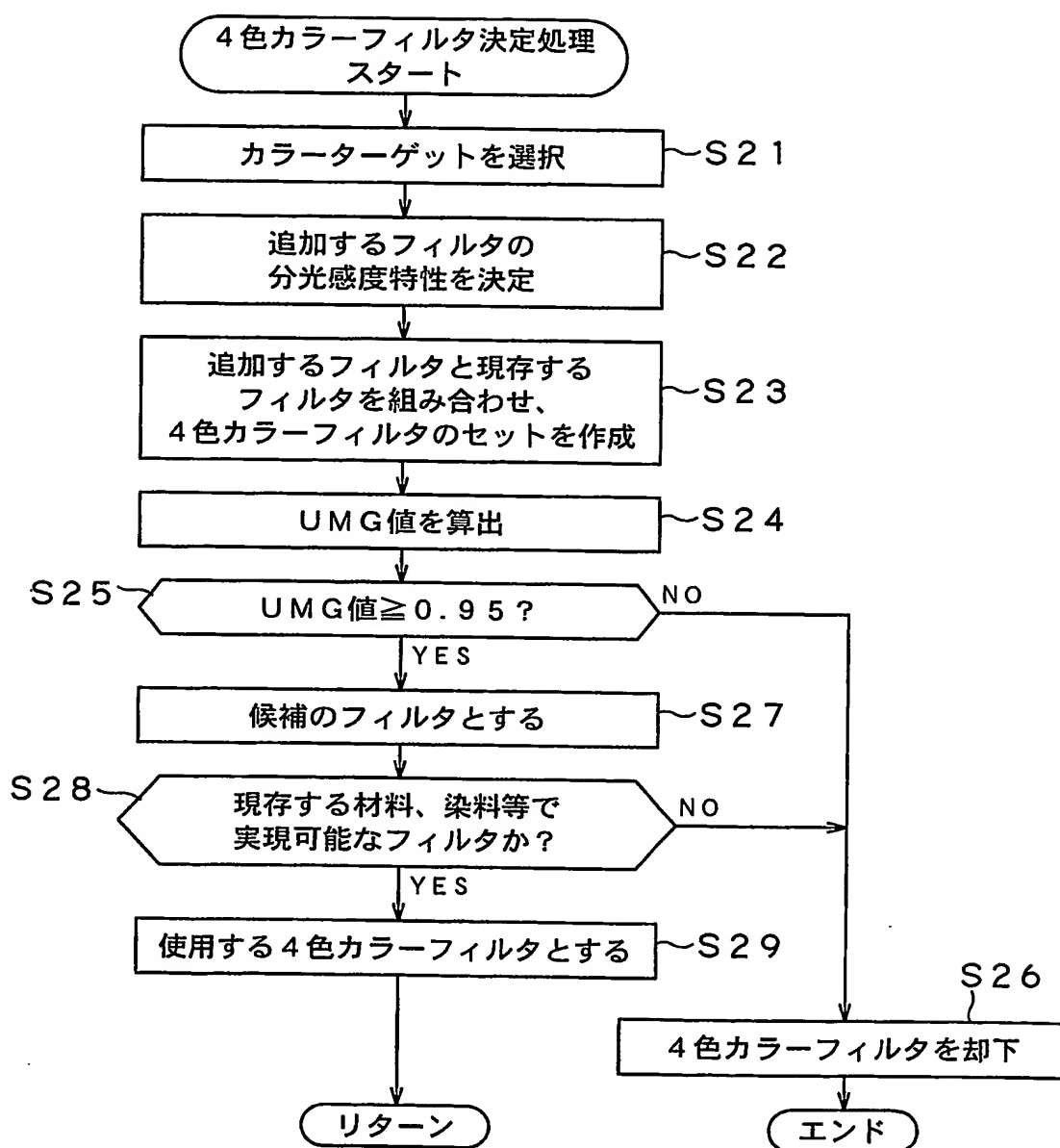


FIG.12

11/16

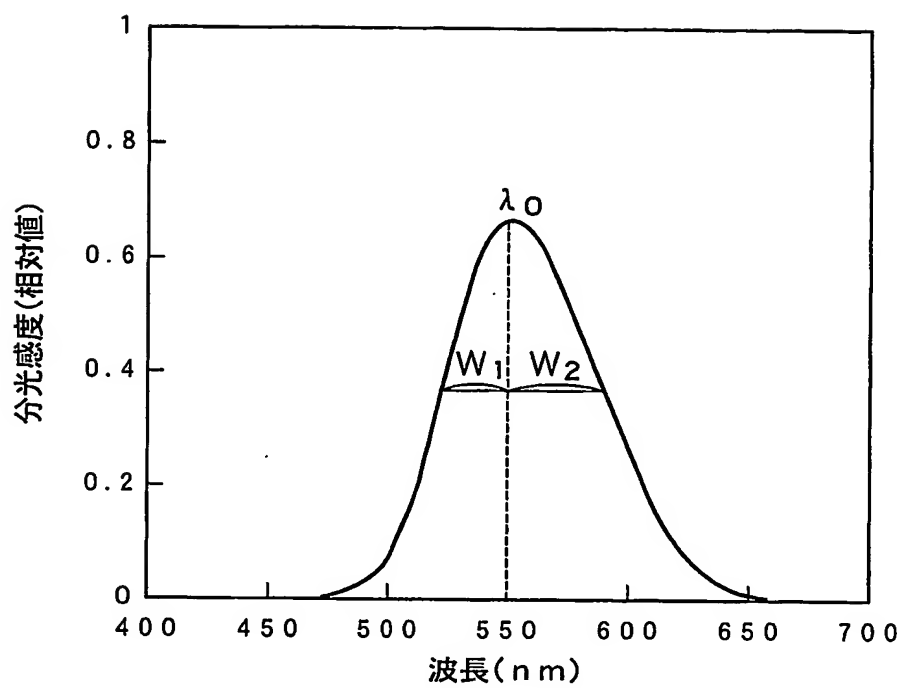


FIG. 13

12/16

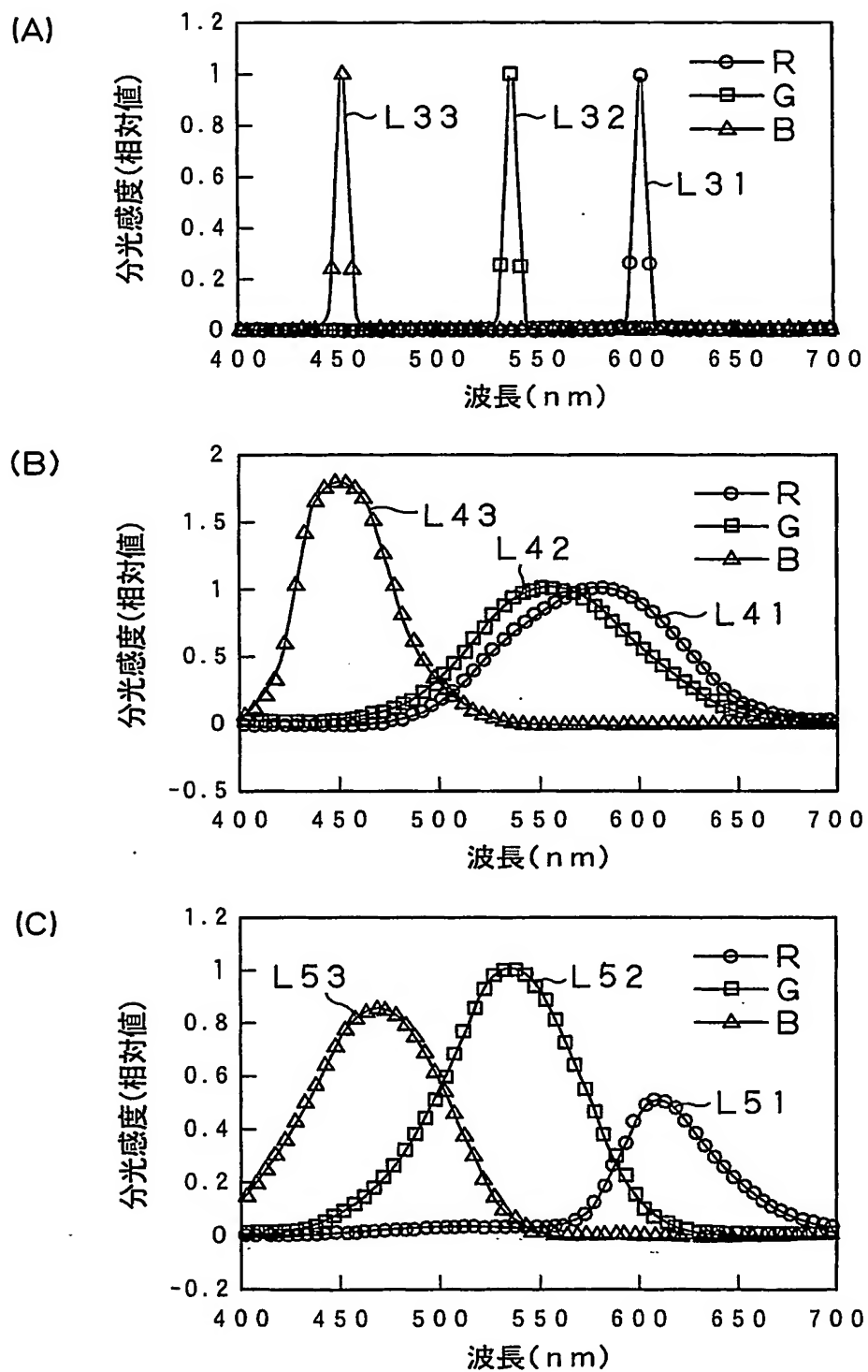


FIG. 14

13/16

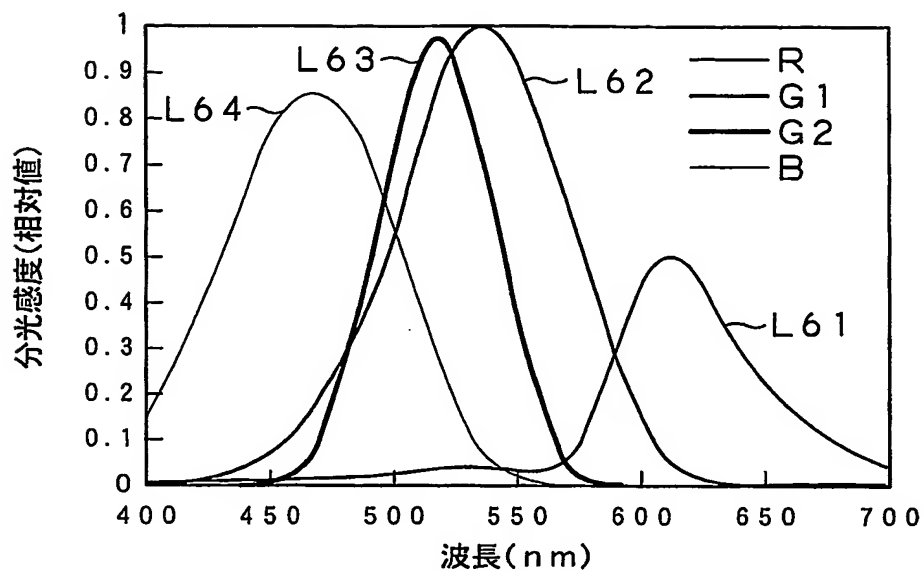


FIG. 15

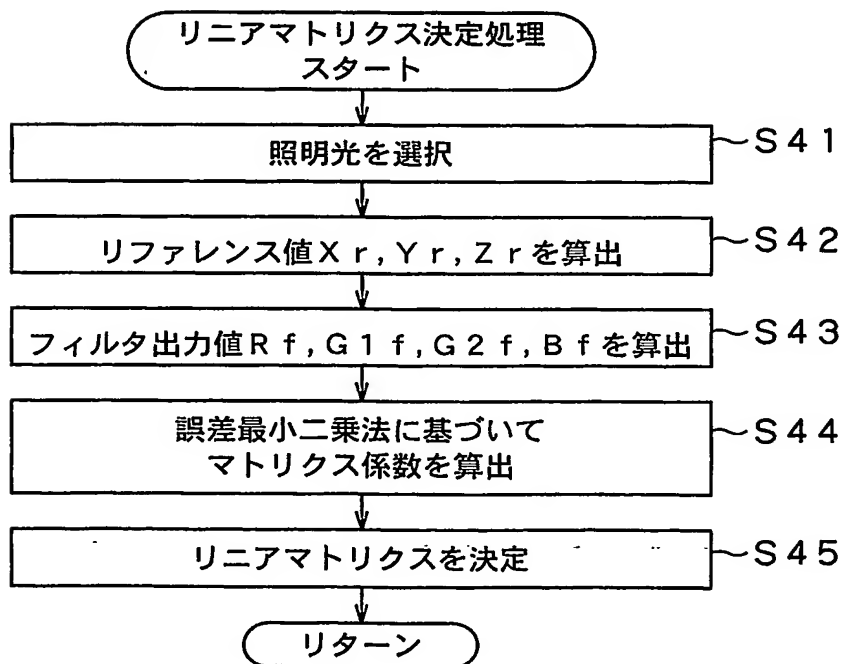


FIG. 16

14/16

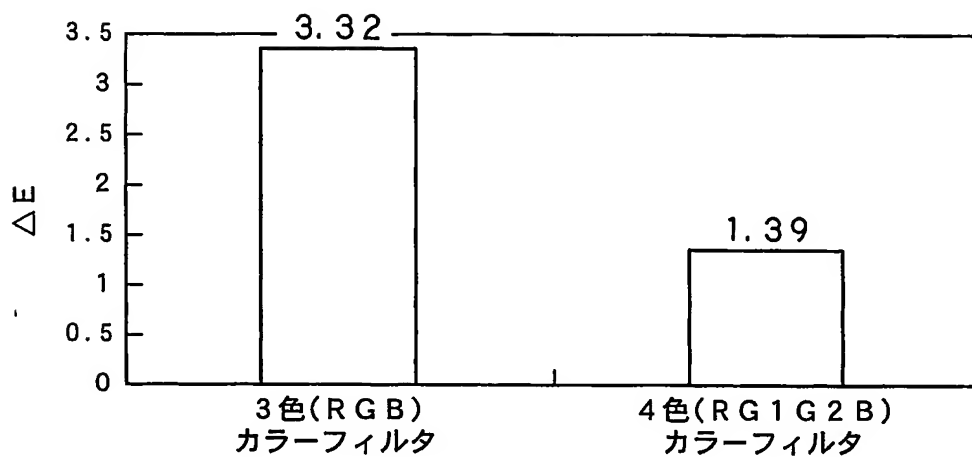


FIG. 17

図15の分光感度特性を有する 4色カラーフィルタ	R	G	B
R1	49.4	64.1	149.5
R2	66.0	63.7	155.6

FIG. 18

B	G2	B	G2
G1	R	G1	R
B	G2	B	G2
G1	R	G1	R

61

FIG. 19

15/16

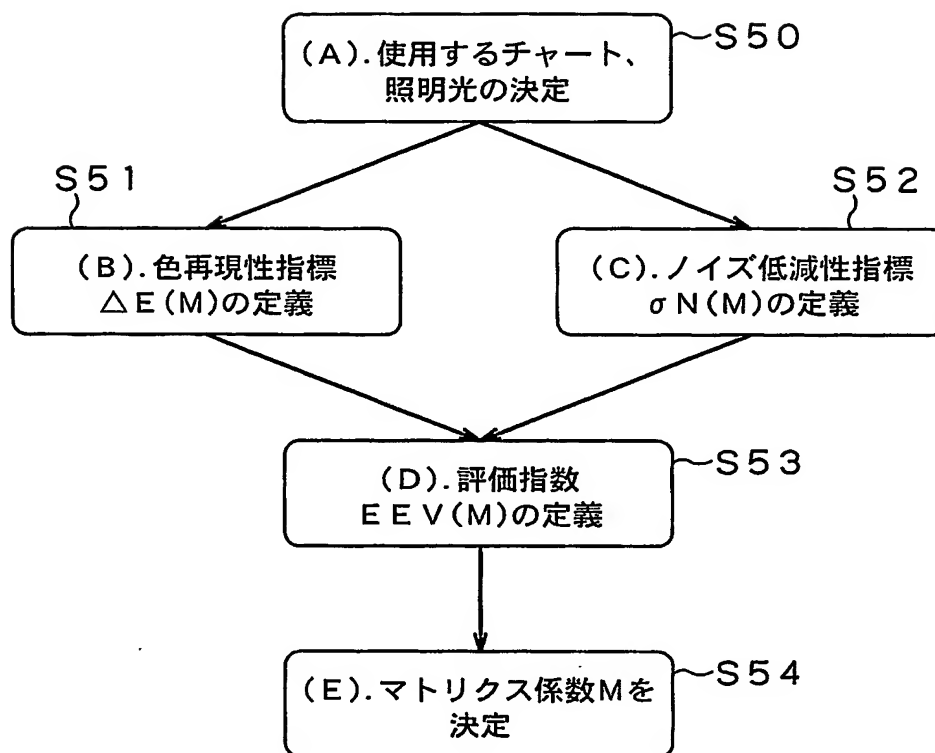


FIG.20

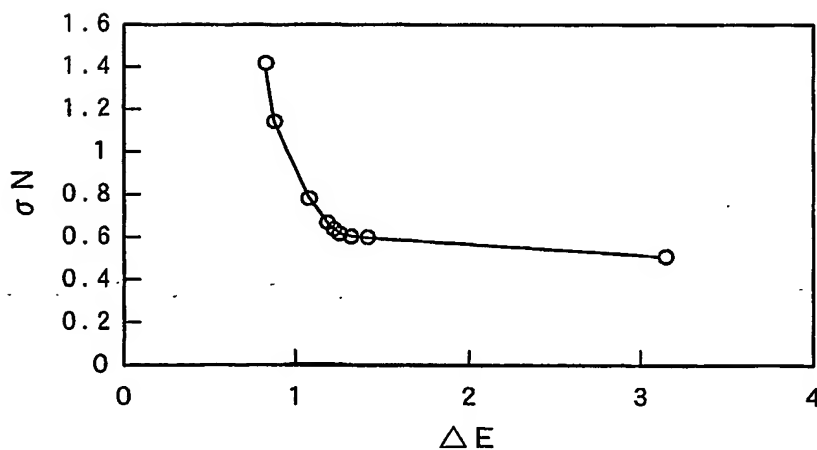


FIG.21

16/16

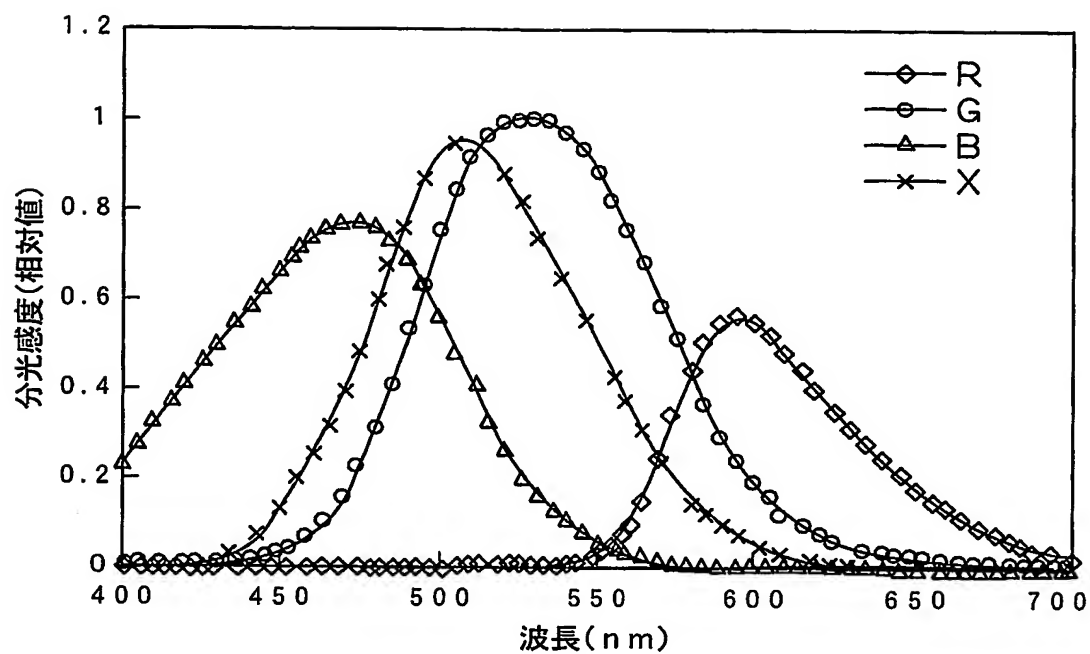


FIG.22

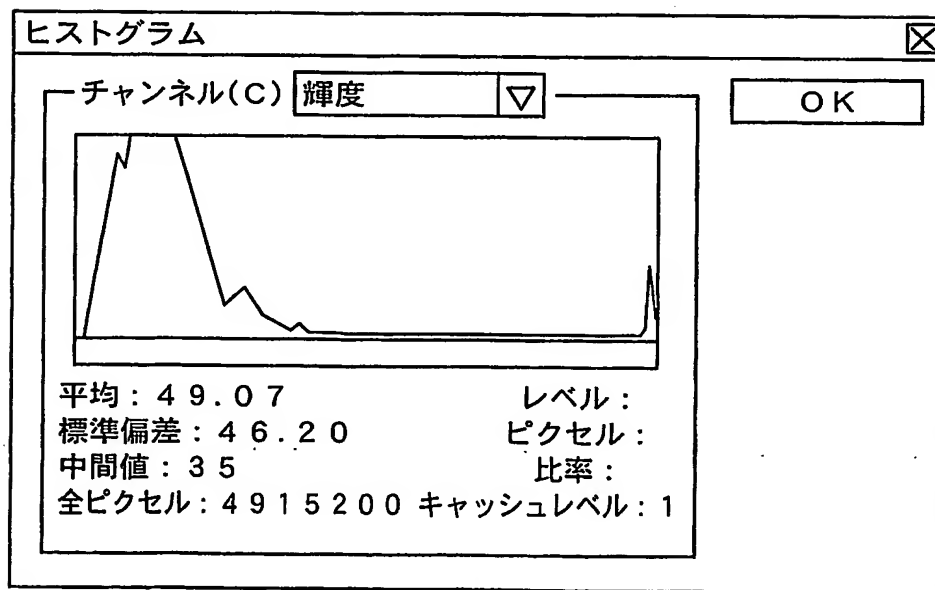


FIG.23

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/15437

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl⁷ H04N9/07

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
Int.Cl⁷ H04N9/04-9/11

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2004
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2004 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2004

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
P,X P,A	JP 2003-284084 A (Sony Corp.), 03 October, 2003 (03.10.03), Full text; all drawings (Family: none)	1, 5 2-4
P,X P,A	JP 2003-284082 A (Eastman Kodak Co.), 03 October, 2003 (03.10.03), Full text; all drawings (Family: none)	1, 5 2-4
P,X	JP 2003-235050 A (Nikon Corp.), 22 August, 2003 (22.08.03), Full text; all drawings (Family: none)	1-5

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier document but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family
---	--

Date of the actual completion of the international search 02 March, 2004 (02.03.04)	Date of mailing of the international search report 23 March, 2004 (23.03.04)
--	---

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/15437

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
P, A	JP 2003-116146 A (Agilent Technologies Inc.), 18 April, 2003 (18.04.03), Full text; all drawings & US 2003/30648 A1 & EP 1286553 A2	1-5
X	JP 2001-359114 A (Fuji Photo Film Co., Ltd.), 26 December, 2001 (26.12.01), Full text; all drawings & US 2002-12463 A1	1-5
A	JP 2001-251644 A (Mitsubishi Paper Mills Ltd.), 14 September, 2001 (14.09.01), Full text; all drawings (Family: none)	1-5

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl 7 H04N9/07

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl 7 H04N9/04-9/11

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2004年
日本国登録実用新案公報	1994-2004年
日本国実用新案登録公報	1996-2004年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
PX PA	JP 2003-284084 A (ソニー株式会社) 2003. 10. 03, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1, 5 2-4
PX PA	JP 2003-284082 A (イーストマン コダック カンパ ニー) 2003. 10. 03, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1, 5 2-4
PX	JP 2003-235050 A (株式会社ニコン) 2003. 08. 22, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-5

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献
「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

02. 03. 2004

国際調査報告の発送日

23. 3. 2004

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)
郵便番号100-8915
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

井上 健一

5 P

9373

電話番号 03-3581-1101 内線 3502

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
PA	JP 2003-116146 A (アジレント・テクノロジーズ・ インク) 2003. 04. 18, 全文, 全図 &US 2003/30648 A1 &EP 1286553 A2	1-5
X	JP 2001-359114 A (富士写真フイルム株式会社) 2001. 12. 26, 全文, 全図 &US 2002/12463 A1	1-5
A	JP 2001-251644 A (三菱電機株式会社) 2001. 09. 14, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-5